ELETRO-HIDRO-PNEUMÁTICA

José Fernando Xavier Faraco
Presidente da FIESC

Sérgio Roberto Arruda
Diretor Regional do SENAI/SC

Antônio José Carradore
Diretor de Educação e Tecnologia do SENAI/SC

Antônio Demos
Diretor do CTV – Blumenau

Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
Serviço Regional de Aprendizagem Industrial
Centro de Tecnologia do Vestuário de Blumenau

TÉCNICAS DE COMANDOS ELETRO-HIDRO-PNEUMÁTICOS

Blumenau
2002

É autorizada a reprodução total ou parcial deste material, por qualquer meio ou sistema, desde que a fonte seja citada.

Organizador

Adagir Saggin

Revisão 00

Abril/2002

S474t
SENAI/CTV
Técnicas de comandos eletro-hidro-pneumáticos / Adagir Saggin (Org.) – Blumenau : SENAI/CTV, 2002. 68 p. : il.

1. Hidráulica 2. Pneumática 3. Eletrotécnica I. SAGGIN, Adagir II. Título

CDU: 621.22

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Centro de Tecnologia do Vestuário de Blumenau
e-mail: blumenau@senai-sc.ind.br
site: www.senai-ctv.ind.br

Rua São Paulo, 1147 – Victor Konder
CEP: 89012-001 – Blumenau – SC
Fone: (0XX47) 321-9600
Fax: (0XX47) 340-1797

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 11
1 – PRINCÍPIOS DA TÉCNICA DE COMANDOS 13
1.1 Definição do Comando (Conforme DIN 19226) 13
1.2 Divisão de uma cadeia de comando 15
1.3 Termos utilizados na técnica de comando e regulagem 16
2 – FORMAS DE ENERGIA DISPONÍVEIS 16
2.1 Formas de energias para acionamento (meios de trabalho) 16
2.2 Formas de energias para os meios de comando 17
3 – REPRESENTAÇÃO DE SEQÜÊNCIAS DE MOVIMENTOS 18
3.1 Formas de representar a seqüência do exemplo 19
4 – FUNDAMENTOS DA ELETROTÉCNICA 21
4.1 Grandezas elétricas 22
4.2 A Lei de Ohm 25
5 – ELETROMAGNETISMO 27
6 – ELEMENTOS ELÉTRICOS E ELETRO-HIDRO-PNEUMÁTICOS 29
6.1 Elementos elétricos de introdução de sinais 29
6.2 Elementos elétricos de processamento de sinais 32
7 – ESPECIFICAÇÕES DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO 35
8 – ESQUEMAS ELÉTRICOS E ELETRO-HIDRO-PNEUMÁTICOS BÁSICOS. 38
8.1 Tipos de esquemas de comando 39
8.2 Conversores de sinais eletro-hidro-pneumáticos 40
8.3 Elaboração de comandos eletro-hidro-pneumáticos 41
9 – ELABORAÇÃO DE COMANDOS ELETROPNEUMÁTICOS SEQUENCIAIS 44
9.1 Elaboração intuitiva de um esquema de comando 44
9.2 Elaboração de esquemas de comando pelo método de desligamento de sinais. 49
9.3 Métodos sistemáticos de esquemas 49
10 – INTRODUÇÃO AOS COMANDOS ADICIONAIS 53
11 – SIMBOLOGIA DOS ELEMENTOS ELÉTRICOS MAIS COMUNS NA ELETROPNEUMÁTICA 55
12 – INTRODUÇÃO AOS SOLENÓIDES PROPORCIONAIS 55
13 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema lógico do comando de interligação 14
Figura 2 - Esquema pneumático do comando de interligação 14
Figura 3 - Esquema elétrico do comando de interligação 14
Figura 4 - Comando seqüencial 15
Figura 5 - Representação do fluxo de sinais em um esquema eletropneumático 15
Figura 6 - Dispositivo de dobrar 18
Figura 7 - Diagrama trajeto-passo 20
Figura 8 - Diagrama trajeto-tempo 20
Figura 9 - Diagrama de comando 20
Figura 10 - Diagrama funcional 21
Figura 11 - Modelo do átomo 22
Figura 12 - Representação da tensão elétrica 23
Figura 13 - Representaçao de 1 (um) Coulomb 24
Figura 14 - Representação de corrente contínua 24
Figura 15 - Representação de corrente alternada 24
Figura 16 - Campo magnético 27
Figura 17 - Esquema de solenóide 28
Figura 18- Elemento comutador 29
Figura 19 - Elemento de introdução de sinais manuais 29
Figura 20 - Detectores de limite mecânico 30
Figura 21 - Detector de limite indutivo 31
Figura 22 - Relê auxiliar 33
Figura 23 - Relê de remanência 33
Figura 24 - Relê de retardo na energização 34
Figura 25 - Relê de retardo na desenergização 34
Figura 26 - Diagrama de circuitos 40
Figura 27 - Válvulas solenóides 41
Figura 28 - Comando de um cilindro de simples ação 42
Figura 29 - Comando de um cilindro de dupla ação 42
Figura 30 - Comando bilateral 43
Figura 31 - Comando oscilante de um cilindro de dupla ação 43
Figura 32 - Comando de um cilindro de simples ação 43
Figura 33 - Comando de um cilindro de dupla ação com retorno automático temporizado no fim de curso 44
Figura 34 - Comando de um dispositivo para levantar caixas 45
Figura 35 - Menorização dos sinais na parte pneumática 45
Figura 36 - Memorização das cinais na parte pneumática 45
Figura 37 - Memorização dos sinais na parte pneumática 46
Figura 38 – Memorização dos sinais na parte pneumática 46
Figura 39 - Memorização dos sinais na parte pneumática 47
Figura 40 - Memorização na parte elétrica 47
Figura 41 - Memorização na parte elétrica 47
Figura 42 - Memorização dos sinais na parte elétrica 48
Figura 43 - Memorização dos sinais na parte elétrica 48
Figura 44 - Memorização dos sinais na parte elétrica 49
Figura 45 - Comando de uma fresadora 50

Figura 46 - Diagrama trajeto-passo - Esquema elétrico e pneumático 50
Figura 47 - Comutadores auxiliares..... 51
Figura 48 - Método de seqüência máxima..... 52
Figura 49 - Comando dos cilindros..... 52
Figura 50 - Campo magnético – solenóide convencional 58
Figura 51 - Campo magnético – solenóide proporcional..... 58
Figura 52 - Atuação de uma válvula de pressão e de fluxo 59
Figura 53 - Circuito de correção de posição..... 60
Figura 54 - Gráfico do erro 60
Figura 55 - Campo magnético 61
Figura 56 - Válvula reguladora de fluxo proporcional 61
Figura 57 - Controladoras de pressão tipo injetor..... 62
Figura 58 - Controladoras de pressão tipo assento..... 62
Figura 59 - Controladoras de pressão tipo disco 62
Figura 60 - Representação das reentrâncias..... 63
Figura 61 - Representação das sobreposições 64
Figura 62 - Diagrama de circuito hidráulico 66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Representação da seqüência 19
Tabela 2 – Solenóides: defeitos, causas e soluções 28
Tabela 3 - Formação da sigla/grau de proteção 38
Tabela 4 - Letras de Identificação para elementos elétricos (DIN 40719 –Parte 2 – Junho de 1978). 39
Tabela 5 - Tabela de dados 66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação entre força e deslocamento – solenóide convencional..... 56
Gráfico 2 - Gráfico da relação entre força e deslocamento..... 57
Gráfico 3 - Função rampa..... 65
Gráfico 4 - Gráfico para visualizar a histerese:..... 67

APRESENTAÇÃO

A eletro-hidro-pneumática é uma técnica, que cria uma interface entre os sistemas: Hidráulicos, pneumático e elétrico, este interfaceamento ocorre através da utilização de conversores de sinais ou elementos de comandos.

Atualmente, devemos nos preocupar em soluções abrangentes nas nossas máquinas, equipamentos e processos. Para isso ser possível, somente conhecendo as técnicas possíveis para solucionar os problemas. Dificilmente as melhores soluções a serem utilizadas num processo é de uma única técnica, daí a importância de conhecer cada vez mais a interligação entre as áreas e técnicas, para tanto, necessitamos de preparar e orientar os segmentos produtivos que utilizam essas técnicas, melhorando e inovando os processos aumentando com isso a produtividade.

Quanto aos objetivos desta etapa é fornecer conhecimentos básicos para o desenvolvimento da técnica de comandos eletro-hidro-pneumáticos. Onde iremos abordar sobre:

- Princípios da Técnica de Comandos;
- Conversores eletropneumáticos e eletro-hidráulicos para elétricos e elétricos para pneumáticos e hidráulicos;
- Componentes elétricos;
- Proteção e segurança;
- Representação da seqüência de movimento do sistema;
- Simbologia dos componentes elétricos, pneumáticos e hidráulicos;
- Confeccionar e montar circuitos de comandos eletro-hidro-pneumáticos;
- Conhecer os princípios da hidráulica proporcional.

Ao término desta etapa estaremos construindo e montando circuitos utilizando as técnicas de comandos eletro-hidro-pneumáticos, obviamente conhecendo os o princípio de funcionamento dos componentes e as normas técnicas, com isso acreditamos estar proporcionando um impulso para o futuro dos mais diversos segmentos que podem utilizar esta técnica.

1 – PRINCÍPIOS DA TÉCNICA DE COMANDOS

Seria muito difícil imaginar, a nossa sociedade Industrial sem a técnica de comandos.

As técnicas de comandos são linguagens, absolutamente necessárias para as áreas de hidráulica, pneumática, elétrica, eletrônica e outras.

É importante, que esta linguagem conceitual seja universal para todas as áreas.

1.1 *Definição do Comando (Conforme DIN 19226)*

Comandar e controlar são fenômenos gerados no interior de um sistema, na qual uma ou mais grandezas influenciam, como grandeza de entrada, outras como grandezas de saídas, de acordo com as leis do próprio sistema.

As ações originam-se através dos elementos de transferência e através de cadeias de comandos.

Que pode ser simplificado por bloco.

Comando, na linguagem comum é um dispositivo ou meio que serve para acionar grandes energias utilizando outras menores, ou ainda, acionar diretamente com a interferência do homem (botão, alavanca).

Os comandos podem ser classificados:

• *Pelo tipo de informações*, como: Comando analógico, comandos digital e comando binário, como: (variação de temperatura, acionado ou desacionado, pressão).

• *Diferenciados segundo o processamento dos sinais*, como: Comando síncrono, comando assíncrono, comandos de interligação e comando seqüencial temporizado e/ou por dependência da operação.

Comando de interligação

O comando de interligação é um comando que associa às condições dos sinais de entrada, a certas condições dos sinais de saída no sentido das interligações tipo Boole.

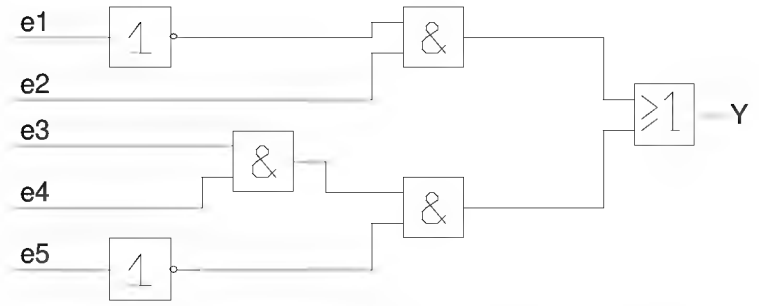


Figura 1 - Esquema lógico do comando de interligação

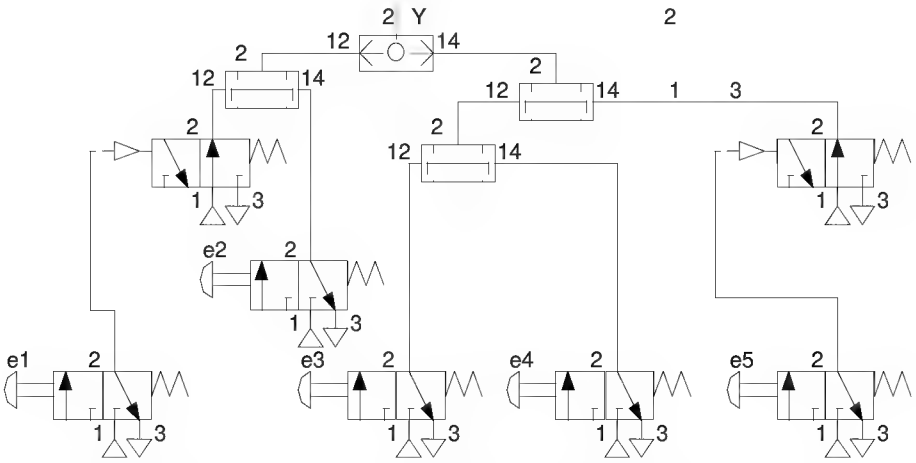


Figura 2 - Esquema pneumático do comando de interligação

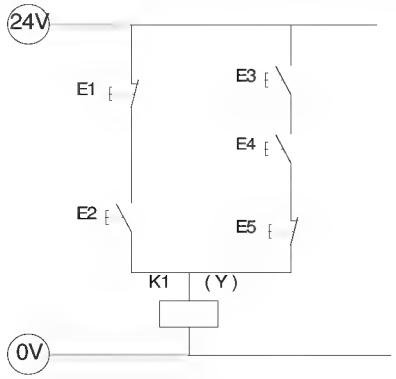


Figura 3 - Esquema elétrico do comando de interligação

Comando seqüencial temporizado é um comando cujas condições dependem exclusivamente do tempo.

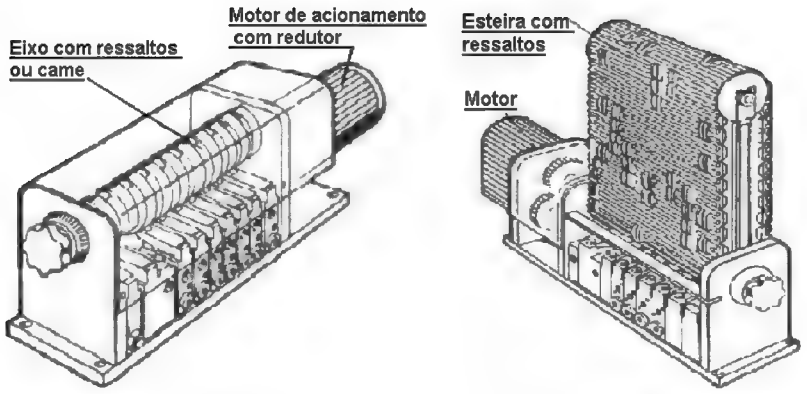


Figura 4 - Comando seqüencial

Comando seqüencial dependente da operação é comando cujas condições dependem somente de sinais do sistema de operação que trabalha em um circuito fechado de ação.

1.2 *Divisão de uma cadeia de comando*

Para quando trabalhamos numa única técnica.

Entrada de Sinais ***Processamento de Sinais*** ***Saída de Sinais***

Para quando trabalhamos com diferentes técnicas em um sistema.

Entrada de Sinais ***Processamento de Sinais*** ***Conversão de Sinais*** ***Saída de Sinais***

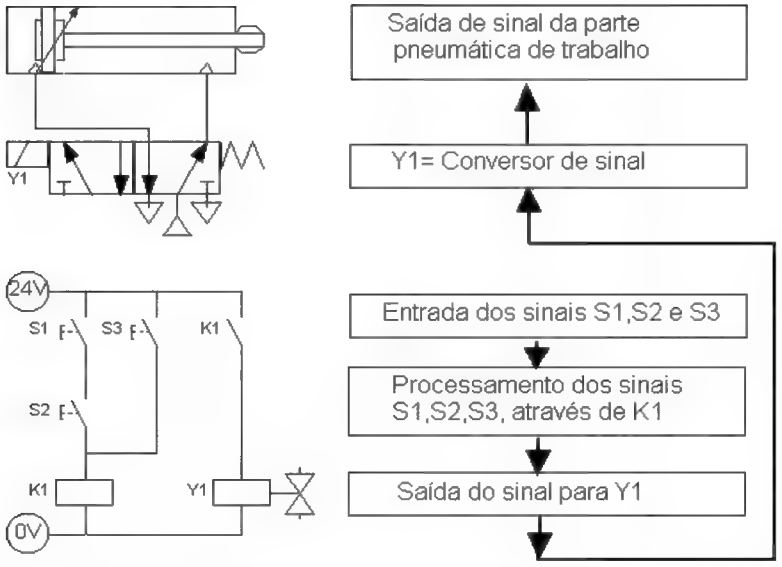


Figura 5 - Representação do fluxo de sinais em um esquema eletropneumático

1.3 *Termos utilizados na técnica de comando e regulagem*

Regulagem é o fenômeno mediante a qual o parâmetro de saída se torna constante (estável) em relação a um referencial adotado para o sistema.

Sinais são informações e representam valores ou variações de uma característica física. Esta variação pode afetar a transmissão, o tratamento ou a memorização da informação. A representação pode ser feita com referenciais matemáticos e não necessariamente físicos.

- *Sinal Analógico* é um sinal de entrada, na qual estão coordenados ponto a ponto; diferentes informações em um campo contínuo de valores do parâmetro de sinais de saída. *Exemplos*: manômetros, Multímetros (Instrumentos com ponteiros).
- *Sinal Digital* é o sinal cujo número de valores do parâmetro são definidos, sendo que para cada valor temos uma informação segura e precisa. *Exemplos*: contador, relógio digital.
- *Sinal Binário* é um sinal digital com duas posições definidas. Exemplificando um interruptor, está fechado ou está aberto.

Obs: Nas regulagens utilizam-se, normalmente os sinais analógicos e nos comandos os sinais digitais, nos quais predominam os binários.

Processamento de sinais é o tratamento dado aos sinais de comando recebidos através dos elementos de sinais, que podem ser: interligados, sincronizados, seqüencializados em função da operação ou em função do tempo.

2 – FORMAS DE ENERGIA DISPONÍVEIS

Dentro de um sistema de comando podemos trabalhar com várias formas de energias, pois existe a possibilidade de transformar sinais de uma forma de energia para outra através de conversores de sinais ou conversores de medição.

A possibilidade de projetarmos um sistema de comando ideal, tanto economicamente como tecnicamente, nem sempre é fácil, pois dependerá das condições marginais, tais como o local de montagem, o meio ambiente, pessoal de manutenção, etc.

Agora, trataremos de uma visão geral dos meios de trabalho e de comando mais utilizados e dos critérios para sua escolha.

2.1 *Formas de energias para acionamento (meios de trabalho)*

- Elétrica;
- Hidráulica;
- Pneumática.

Critérios para escolha das formas de energias:

- Força;
- Trajeto (caminho);
- Movimento (linear, rotativo, oscilante);
- Tamanho de construção;
- Durabilidade;
- Velocidade;
- Segurança de funcionamento;
- Custo da energia;
- Capacidade de regulagem;
- Facilidade de manejo;
- Transporte e armazenamento;
- Sensibilidade.

Comparação dos meios de trabalho:

- Hidráulico;
- Pneumático;
- Elétrico.

- *Forças Lineares*: hidráulica, grandes forças em virtude da alta pressão; pneumática forças limitadas; e elétrica baixo rendimento e forças reduzidas.
- *Torque:* hidráulica; torque muito alto mesmo parado, máximo consumo de energia; pneumáticos altos momentos de giros e quando parados não há consumo de energia; elétrico torque mínimo quando parado.
- *Movimentos lineares*: hidráulica e pneumática obtida de forma simples, enquanto que a eletricidade é cara e complicada.
- *Movimentos rotativos:* elétrica, melhor rendimento, porém rotação limitada.
- *Controle e regulagem*: elétrica, possível de forma limitada, porém cara; na hidráulica e na pneumática possível de realizar com facilidade através de válvulas controladoras de fluxo e de pressão, porém a hidráulica é mais precisa.
- *Armazenamento transporte de energia*: pneumática fácil de armazenar e elétrica fácil de transportar.
- *Influências ambientais*: pneumática a menos sensível.
- *Custo da energia*: pneumático elevado comparando com a elétrica.
- *Manipulação do equipamento*: pneumática a menos perigosa e de mais fácil montagem.
- *Sobrecargas:* Elétrica é menos segura contra a sobrecarga.

2.2 *Formas de energias para os meios de comando*

Mecânica	Pneumática de pressão baixa	Hidráulica
Elétrica	Pneumática de pressão normal	Eletrônica

Critérios para a escolha do meio de comando:

- Confiabilidade dos elementos;
- Sensibilidade das influências ambientais;
- Facilidade de comutação;
- Velocidade na transmissão de sinal;
- Dimensões dos componentes;
- Formação do pessoal.

Comparação entre os meios de comando:

- *Velocidade de sinal*: elétrica e eletrônica muito alta velocidade da luz, pneumática de pressão normal 40 a 70 m/s e pneumática de baixa pressão 100 a 200 m/s.
- *Distância para o comando*: pneumático limitado, devido a velocidade do sinal.
- *Tempo de comutação dos elementos de sinais*: eletrônica << 1ms, pneumática de baixa pressão > 1 ms, a pneumática e a elétrica > 10ms.
- *Condições ambientais*: pneumática, insensível ao ambiente, porém sensível a qualidade do ar comprimido.
- *Espaço requerido*: eletrônica muito pequeno.
- *Tipo de sinal utilizado*: eletrônica e pneumática de baixa pressão, sinal digital e analógico.
- *Moduladores de Sinais*: eletricidade reles e contatores, eletrônica válvulas e transistores, pneumática válvulas direcionais e pneumática de baixa pressão elementos estáticos e dinâmicos.

3 – REPRESENTAÇÃO DE SEQÜÊNCIAS DE MOVIMENTOS

Para que seqüências de movimentos e condições de comando dos vários elementos possam ser reconhecidos no sistema pelos técnicos, rápida e seguramente, é necessário procurar uma forma apropriada para representar estas condições. *Exemplo:* Dispositivo de Dobrar.

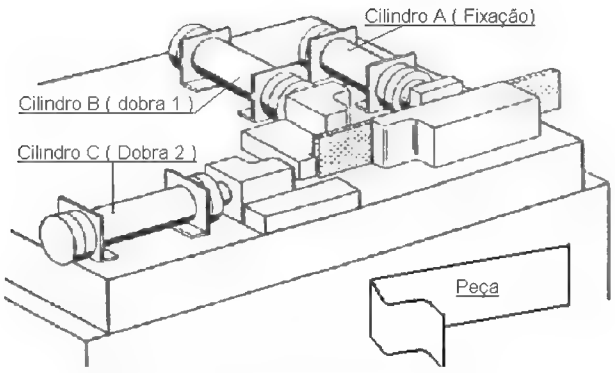


Figura 6 - Dispositivo de dobrar

Pretende-se dobrar chapas através de um dispositivo acionado pneumaticamente. Após a fixação com o cilindro "A", efetua-se a primeira dobra através do cilindro "B" que retorna em seguida, acionando um cilindro "C" que realiza a segunda dobra, retornando a seguir e comandando o recuo do cilindro "A", liberando a peça.

3.1 *Formas de representar a seqüência do exemplo*

Relação em seqüência cronológica

Elemento de trabalho	*Passo da operação realizado*
Cilindro A	Avança, fixando a peça.
Cilindro B	Avança, executando 1º dobra.
Cilindro B	Retorna a posição inicial.
Cilindro C	Avança, executa a 2º dobra.
Cilindro C	Retorna à posição inicial.
Cilindro A	Retorna, liberando a peça

Tabela 1 - Representação da seqüência

PASSOS	CILINDRO A	CILINDRO B	CILINDRO C
1º	***avança***	parado	parado
2º	Parado	***avança***	parado
3º	Parado	***retorna***	parado
4º	Parado	parado	***avança***
5º	Parado	parado	***retorna***
6º	***retorna***	parado	parado

Forma algébrica ou escrita abreviada

- Movimento de avanço (+);
- Movimento de recuo (-):

A+, B+, B-, C+, C-, A-

Representação gráfica (forma de diagrama)

O diagrama de passos ou fases mostra a relação entre os atuadores e outros elementos do sistema funcional. Temos dois tipos de diagrama:

- Diagrama de movimento;
- Diagrama de comando.

Diagrama de movimento

- *Diagrama trajeto-passo* - Este representa a seqüência de operação de um elemento de trabalho, graficando-se no diagrama o trajeto percorrido em dependência de cada passo considerado.

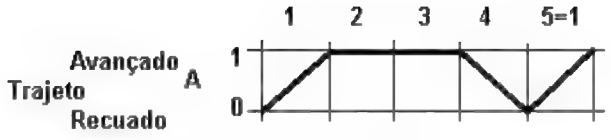


Figura 7 - Diagrama trajeto-passo

• *Diagrama trajeto-tempo* - Este representa a seqüência de operação de um elemento de trabalho, graficando-se no diagrama o trajeto percorrido em dependência do tempo, onde o tempo é representado em escala cronológica na base do diagrama.

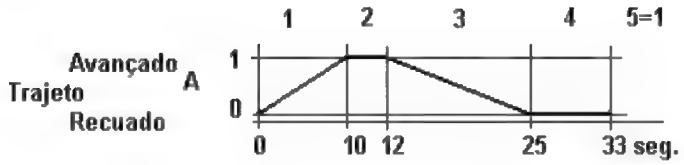


Figura 8 - Diagrama trajeto-tempo

Diagrama de Comando

Neste diagrama representa-se o estado de comutação dos elementos emissores e de tratamento de sinais em relação aos passos da operação.

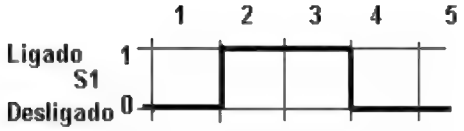


Figura 9 - Diagrama de comando

Diagrama de Funcional

Este diagrama é a representação conjunta do diagrama de movimento trajeto-passo e o diagrama comando. Portanto, com a interpretação deste diagrama podemos conhecer a posição dos atuadores e o estado dos elementos emissores de sinais.

Vejamos o exemplo

Vamos juntos fazer o diagrama funcional do dispositivo de dobrar, a chave S7 e para a partida os demais sensores ou chaves fazem parte da máquina conforme a disposto abaixo:

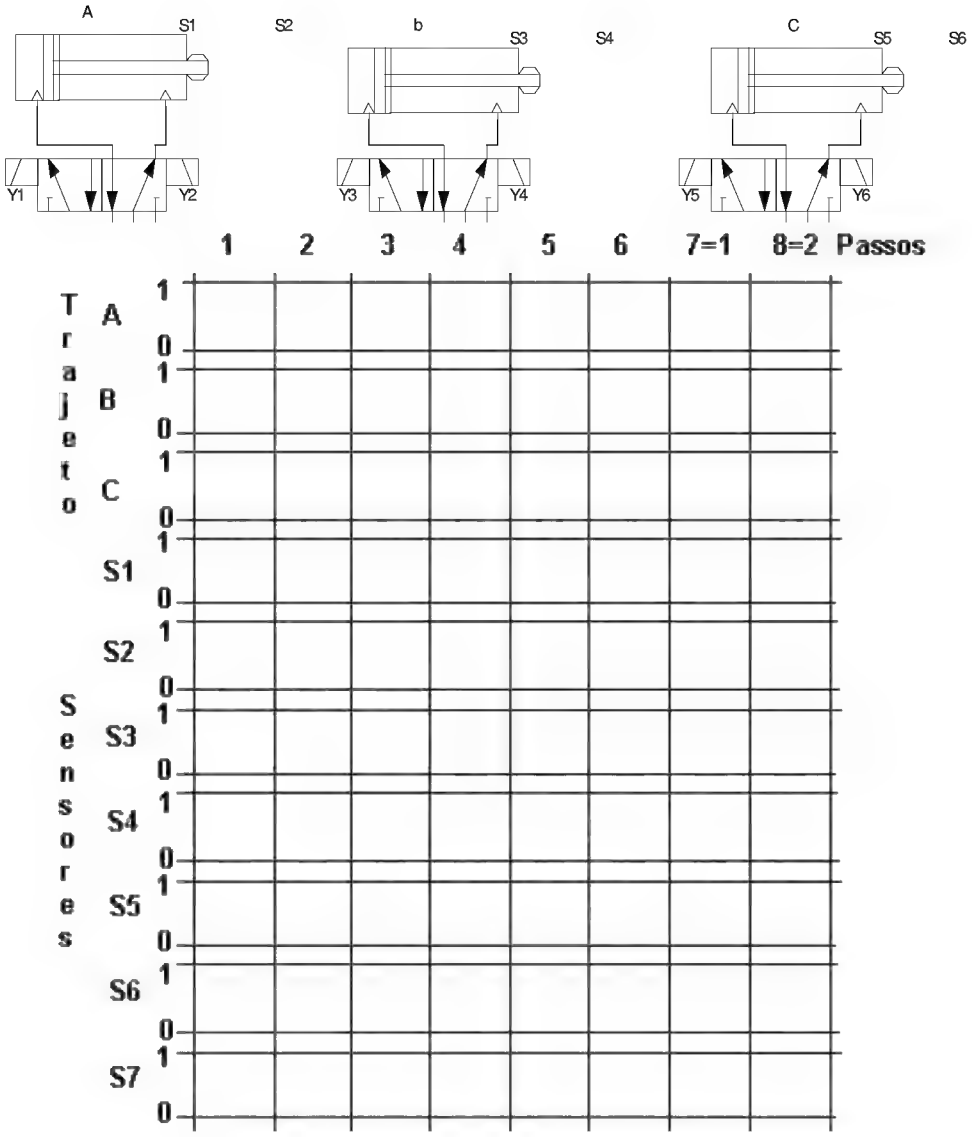


Figura 10 - Diagrama funcional

4 – FUNDAMENTOS DA ELETROTÉCNICA

A energia elétrica é utilizada em máquinas dos mais diversos tipos.

Os elementos elétricos utilizados em comandos, também são dos mais variados, desde os reles e contactores, até os microprocessadores. Porém, para um entendimento perfeito destes componentes e usufruir a técnica com racionalidade, devemos conhecer os conceitos básicos da eletrotécnica.

Através da energia elétrica, pode-se produzir luz, calor, ação magnética e

até reações químicas. Para compreendermos melhor estes efeitos começaremos pelos átomos.

O Átomo é uma partícula presente em todas as substâncias do universo, seu tamanho é tão pequeno, que 100 milhões deles colocados em linha reta, não preencheriam o espaço de 10 mm.

O átomo é composto por duas partes:

• *O Núcleo,* que é o centro do átomo e no mesmo se encontram os NEUTRONS e os PRÓTONS, sendo que o primeiro não possui carga elétrica, enquanto o segundo possui carga elétrica positiva.

• A *Eletrosfera*, que são camadas ou órbitas formadas pelos elétrons, que se movimentam em torno do núcleo, os elétrons possuem carga elétrica positiva.

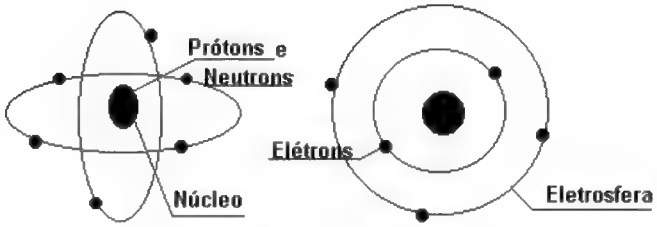


Figura 11 - Modelo do átomo

4.1 *Grandezas elétricas*

São as grandezas que provocam ou são provocadas por efeitos elétricos; ou ainda, que contribuem ou interferem nesses efeitos.

Tensão Elétrica ou Força Eletromotriz (representa-se por E ou V).

A tensão elétrica nada mais é, que a força de atração ou retração entre as partículas atômicas com cargas elétricas positivas ou negativas, ou seja, esta diferença de potencial (d.d.p.) que existe entre dois pontos ou dois materiais. As cargas elétricas buscam sempre o equilíbrio, cargas iguais se repelem e diferentes se atraem.

Quando nós aproximamos um material carregado positivamente a um carregado negativamente, ocorrerá um fluxo de elétrons do pólo negativo para o positivo (sentido real).

De forma análoga, podemos dizer que a tensão elétrica é equivalente a *pressão* de um sistema hidráulico, o líquido se movimentará pelo duto se existir diferença de pressão, a mesma lei vale para a eletricidade, os elétrons se movimentam pelo condutor se existir diferença de tensão.

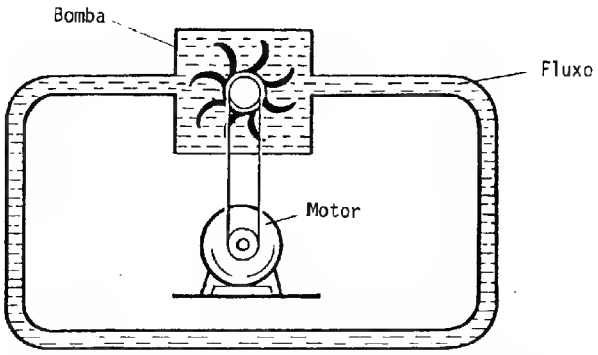


Figura 12 - Representação da tensão elétrica

A Diferença de Potencial é uma grandeza, portanto pode ser medida, a unidade de medida utilizada é o *VOLT*, representado por "V".

Importante: As maneiras de se produzir à tensão elétrica:

- Geração de tensão por indução.
- Geração de tensão mediante processos eletroquímicos ou eletrólise.
- Geração de tensão através de calor.
- Geração de tensão mediante luz (fotoelétrico).
- Geração de tensão a través de deformação de cristais (piezo-elétrico).

Medida de Tensão Elétrica.

Ao medir a tensão elétrica, o voltímetro deve ser conectado sempre em paralelo com a fonte geradora ou a carga consumidora. Observado sempre a polaridade e a escala a ser utilizada.

*Corrente Elétrica (representa-se por **I**).*

É o fluxo ou a corrida de elétrons pelo condutor, que ocorre sempre quando houver uma diferença de potencial, buscando o equilíbrio elétrico.

A caminhada dos elétrons ocorrem naturalmente pelo fio de cobre, passando de um átomo para outro átomo ate atingir o outro extremo.

Para medir a intensidade da corrente elétrica a unidade de medida é o *AMPÉRE,* representado por "A".

O ampére é igual a um Coulomb/segundo: 1A = 1 coulomb/s.

Obs: 1 (um) Coulomb representa 6,25 x 10^{19} elétrons, isto quer dizer, se num condutor, passar a quantidade de elétrons equivalente a um coulomb em um segundo, teremos corrente elétrica igual a um Ampére.

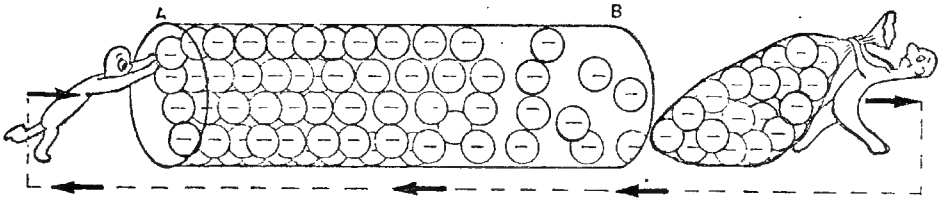


Figura 13 - Representaçao de 1 (um) Coulomb

Tipos de Correntes

Corrente Contínua mantém constante o sentido e à intensidade em função do tempo, as baterias são os principais geradores da corrente continua (C).

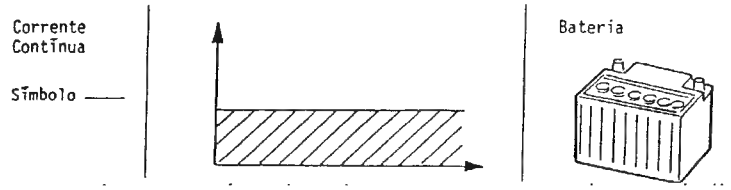


Figura 14 - Representação de corrente contínua

Corrente Alternada é o tipo de corrente que muda, periodicamente, de intensidade e sentido, conforme representação gráfica. A corrente alternada é a mais utilizada nas nossas residências e industrias, os alternadores são os principais geradores da corrente alternada (CA).

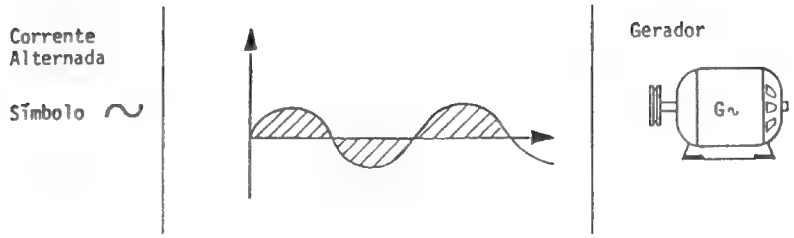


Figura 15 - Representação de corrente alternada

Perigos da corrente elétrica: Correntes acima de 50mA, são perigosas para o homem, se o percurso da mesma passar pelo coração.

Portanto, é muito importante observarmos a medidas de proteção a fim de evitarmos acidentes. A corrente citada acima é suficiente para provocar a fibrilação dos ventrículos do coração, com isto levando a morte.

*Resistência Elétrica (representa-se por **R**).*

Resistência elétrica é a oposição que o material oferece para a passagem da corrente elétrica. Portanto os materiais podem ser classificados em:

condutores, semicondutores e isolantes. Nos condutores, os elétrons não estão sujeitos a grandes forças de atração pelo núcleo do átomo, enquanto que nos isolantes os elétrons estão sujeitos a forças de atração do núcleo do átomo, assim, dificultando o fluxo dos elétrons no material.

A unidade para a medição da resistência elétrica é o ohm que é representado pela letra grega Omega (Ω).

Definição para a unidade "Ohm", 1 (um) Ohm é igual a resistência elétrica entre dois pontos de um condutor metálico em forma de fio, homogênio, uniformente temperado, no qual uma tensão elétrica de 1 Volt, aplicada a estes pontos, produz uma corrente elétrica de intensidade igual a 1 Ampére.

4.2 *A Lei de Ohm*

A lei de Ohm é a mais importante no estudo da eletricidade.

Essa lei que relaciona a tensão, corrente e resistência é aplicável a todos os circuitos de corrente contínua (C.C. ou D.C.) e com algumas modificações pode ser aplicada para circuitos de corrente alternada (A.C.).

As experiências de Ohm mostram que o fluxo de elétrons num circuito elétrico é diretamente proporcional a tensão aplicada ao circuito.

Portanto, com aumento da tensão, implica em aumento da corrente e vice-versa.

Também, verifica-se variação da corrente, onde há variação da resistência.

A lei de Ohm pode ser expressa pela equação:

$E = R \times I$ Onde: R = Resistência
E = Tensão elétrica
I = Corrente elétrica

Vamos calcular a tensão no circuito abaixo, onde existe uma corrente de 3 ampères e uma resistência de 8 ohms.

Combinações de resistências

Para satisfazer certas condições de um circuito, devemos recorrer a combinação de resistências, estas podendo ser com ligação "tipo paralelo e tipo série", cada uma possuindo algumas características.

Ligação em série

Na ligação em série, um dos terminais de uma resistência, é ligado a um dos terminais de outra, cujo outro terminal é ligado a um dos terminais de uma terceira resistência, e assim sucessivamente.

A ligação em série possui as seguintes características:

- A corrente é a mesma para todas as resistências.
- A soma das tensões sobre cada resistor é igual a tensão total da fonte.
- A tensões parciais são diretamente proporcionais às correspondentes resistências.
- As várias resistências podem ser substituídas por um único, cujo valor é obtido pela soma dos valores de cada uma delas.

Ligação em paralelo

Na ligação em paralelo, os terminais de todas as resistências são interligados em um único nó de um lado e um único nó do outro lado. Características da ligação em paralelo:

- Todas as resistências que se encontram ligadas na associação em paralelo estão sujeitas àmesma tensão, aplicada a associação.
- A somatória das correntes que passa em cada resistência, é igual à corrente total da associação.
- Na associação em paralelo, a resistência equivalente é menor que o valor da menor resistência da associação.
- Inverso da resistência equivalente total é igual àsomatória do inverso das resistências da associação em paralelo.

*Potência Elétrica (representada por **P**)*

É uma grandeza elétrica freqüentemente utilizada para os cálculos de um circuito. A potência é definida como sendo a razão de um trabalho, e é obtida do produto da tensão e da corrente em um circuito de corrente contínua.

P = E. I Onde: P= Potência elétrica em Watt
E= Tensão elétrica em Volt
I = Corrente elétrica em Ampère.

De acordo com a expressão acima, podemos observar que a potência varia diretamente com a tensão aplicada e o fluxo de corrente do circuito.

A unidade Watt é uma unidade pequena para especificar a potência em certas instalações; para tanto é utilizado unidades múltiplas, como o Quilowatt, Megawatt e outras.

Exemplificando: 1 Quilowatt = 1000 Watt; 1 Megawatt = 1000000 Watt.

Em muitos casos, são utilizadas as seguintes unidades CV e HP, a relação das unidades com Watt é a seguinte:

Conversão: 1 HP = 746 Watts; 1 CV = 736 Watts.

5 – ELETROMAGNETISMO

É o efeito causado pela passagem de corrente elétrica em um condutor, este efeito é um dos mais importantes para a concepção de muitos elementos elétricos e eletromecânicos. Como no funcionamento de reles, contactores, eletroválvulas e outros.

O Eletromagnetismo está baseado em três princípios fundamentais:

- No condutor pelo qual flui uma corrente elétrica, é produzido, ao seu redor, um campo magnético.
- O sentido da corrente no condutor é determinado pelo sentido das linhas do campo magnético.
- A intensidade da corrente elétrica influi diretamente na intensidade do campo magnético.

Quando o condutor é enrolado formando uma bobina, contendo várias espiras, as linhas do campo de todas as espiras se alinham num caminho único externamente e internamente, causando uma grande concentração de linhas do campo na mesma direção.

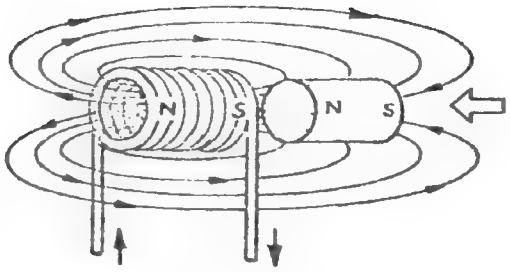


Figura 16 - Campo magnético

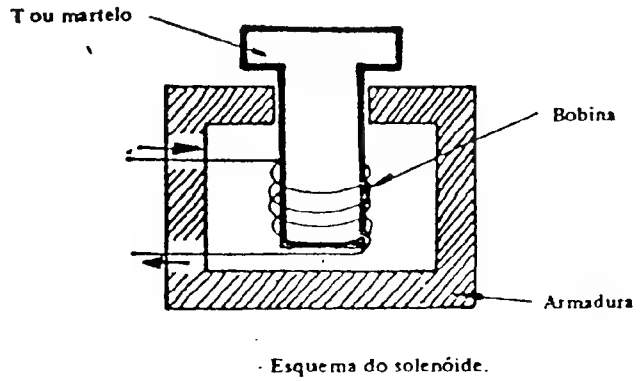
Se for introduzida no interior de uma bobina, uma barra de ferro, verifica-se uma alteração nas características da bobina, uma vez que agora passará a possuir pólos magnéticos (Norte e Sul) como um ímã.

A este conjunto damos o nome de eletroímã. O eletroímã utilizado nos solenóides das válvulas possuem um núcleo de ferro (aço doce) que é mantido fora do centro por uma mola e quando a bobina for energizada, o núcleo de ferro é atraído para o centro.

Embora um campo magnético possa circular no ar, ele circula mais facilmente através do ferro ou do aço.

Assim, se colocarmos em volta da bobina uma armadura de ferro, o magnetismo será concentrado onde nos interessar, com isso melhoramos o rendimento do solenóide.

Os solenóides são constituídos basicamente por três elementos: armadura, bobina e entreferro ou martelo em forma de "T " ou cilíndricos.



Esquema do solenóide.

Figura 17 - Esquema de solenóide

Tabela 2 – Solenóides: defeitos, causas e soluções

DEFEITOS	CAUSAS POSSÍVEIS	SOLUÇÕES
Solenóide não atua	01 – Falta de corrente elétrica 02 – Bobina queimada	- Verificar circuito elétrico - Efetuar a troca da bobina
Solenóide vibrando	03 – Carretel da válvula trancado (sujeira) 04 – Baixa tensão: Componente elétrico defeituoso Suprimento deficiente de energia	- Efetuar a limpeza do sistema. - Verificar circuito elétrico (componentes). - Colocar estabilizador de tensão.
Zumbido no solenóide	05 – Sujeiras entre os contatos "T" x armadura. 06 – Mau assento entre os contatos, provocados pela inversão da posição do martelo.	- Efetuar a limpeza. - Lixar com uma lixa fina, o martelo e a carcaça, para ajustar os contatos, limpar. - Trocar o solenóide completo se não houver mais possibilidade de ajustagem.
Queima da bobina	07 – Solenóide vibrando. 08 – Martelo não fecha completamente. 09 – Acionamento simultâneo de dois solenóides da mesma válvula. 10 – Corrente residual possibilidade de estar circulando corrente pela bobina mesmo desligada, (provocando aquecimento). 11 – Oscilações de Tensão.	- Vide itens 3 e 4. - Vide itens 3 e 4. - Verificar circuito elétrico - Colocar uma lâmpada em paralelo com cada bobina. - Verificar componentes do circuito elétrico. - Usar estabilizador.

6 – ELEMENTOS ELÉTRICOS E ELETRO-HIDRO-PNEUMÁTICOS

A energia elétrica de comando ou de acionamento é introduzida, tratada e transportada por elementos específicos como: sensores, reles, contactores, condutores, motores e outros. Devido à simplicidade dos elementos, são representados em esquemas de comando através de símbolos, desta forma facilitando a interpretação para a montagem e manutenção. Porém, não basta somente conhecer os símbolos, temos que conhecer o funcionamento, a aplicação e a construção dos elementos que compõem o sistema, para que o resultado dos trabalhos executados sejam eficazes.

6.1 *Elementos elétricos de introdução de sinais*

A função dos elementos de sinais é de dar ingresso ou introduzir sinais elétricos vindos de vários pontos do sistema, para serem processados. Os elementos de sinais podem ser de contato ou sensores (elementos sem contato mecânico). Os elementos de contatos distinguem-se entre abridor e fechador, conforme sua função. A construção combinada entre abridor e fechador resulta num elemento comutador.

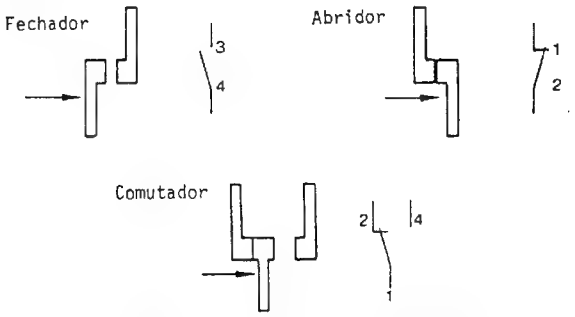


Figura 18- Elemento comutador

Os acionamentos destes elementos podem ser: manual, mecânico ou remotamente através de impulsos elétricos ou pneumáticos.

Elemento de introdução de sinais manuais

Botão: Interruptor:

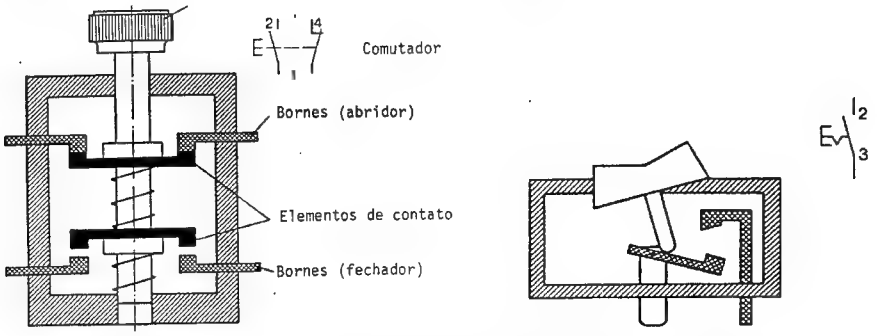


Figura 19 - Elemento de introdução de sinais manuais

Detectores de limite mecânico (fim de curso).

A escolha destes elementos de sinais; temos que levar em consideração a carga mecânica, a segurança de acionamento e a precisão de comando. Os mecanismos utilizados são: roletes, roletes escamoteáveis, apalpadores e outros.

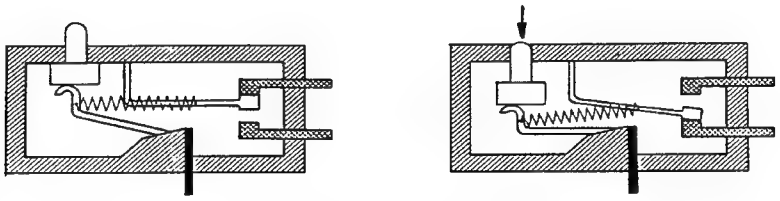


Figura 20 - Detectores de limite mecânico

Detectores de limite por aproximação. (Sensores)

Nas automações de máquinas e de processos, existem situações onde é indispensável um comando eletrônico sem chave mecânica, para comutar carga, este tipo de emissor de sinal não esta sujeito a desgaste proporcionando vida útil mais longa.

O Sensor é um transdutor, e que opera silenciosamente, sem choques ou vibrações, maior precisão do ponto de acionamento.

Nestes tipos de elementos de sinais, a emissão é feita sem que haja contato mecânico com partes móveis a serem detectadas, pois existem máquinas ou processos que seriam prejudicados sem estes elementos.

Contato "Reed" (acionamento magnético).

Estes elementos são acionados através de um ímã permanente que se aproxima do invólucro do contato Reed, já que os mesmos são montados junto ao cilindro, normalmente, o ímã esta no êmbolo do próprio cilindro.

Vantagens deste detetor: Elevado número de ciclos, sob condições ambientais adversas (poeira, umidade, etc), falta de espaço para montar os fim de cursos convencionais.

Obs*:* Não podem ser utilizados onde existam campos magnéticos alheios.

Algumas características do Contato Reed:

- Corrente máxima de operação – 1,5 A
- Potência máxima de operação – 24W (DC) 30VA (CA)
- Freqüência de comutação – Até 500Hz
- Proteção conf. DIN 40050 – IP 66
- Repetibilidade de comutação - ±0,1 mm

Estas características podem variar de fabricante p/ fabricante.

Detector de limite indutivo (Sensor).

Os sensores indutivos somente reagem na presença de metais (aço, cobre, alumínio, etc), pois são os materiais que conseguem perturbar o campo indutivo na face de detecção do sensor.

São utilizados para a solução de problemas em máquinas e/ou dispositivos, para a detecção de partes móveis ou objetos, assim como para contagem de peças que não possibilitam uso das chaves convencionais, por não possuírem força, peso ou pouca dureza.

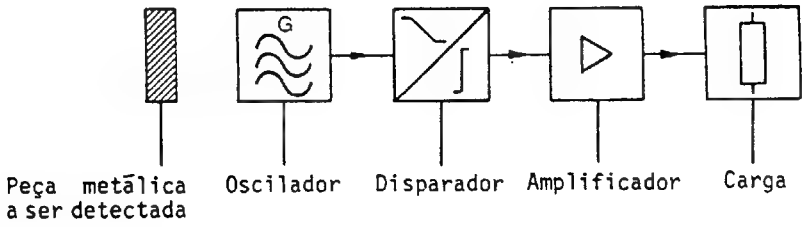


Figura 21 - Detector de limite indutivo

Seu funcionamento consiste na geração de um campo eletromagnético através de uma bobina de um oscilador; este campo, que é dirigido para fora do sensor em forma de calota, monitora a presença de material metálico.

A presença de peça metálica rouba energia do campo, por indução, provocando alteração do nível de sinal do oscilador; um detector interno de nível percebe a mudança e aciona o amplificador de saída comutando o sensor.

Sensores indutivos de corrente alternada: Neste tipo de sensor, o circuito de saída dispara um TRIAC nele incorporado, comutando diretamente a carga, dispensando amplificador de sinal, claro que respeitando sua características. Desta forma temos tempos de comutações menores e maior vida útil dos sensores.

Ligação deste sensor é relativamente simples, visto que a inversão de polaridade não ocasiona qualquer dano.

Sensores indutivos de corrente contínua: Neste tipo de sensor, o circuito de saída é transistorizado em montagem tipo coletor aberto nas versões NPN ou PNP, o que permite comandar diretamente relés ou cargas resistivas. Também é possível o modelo NA e NF.

Ligação deste sensor tem que ser conforme a polaridade indicada, pois, ao contrário destruirá imediatamente o transistor, a não ser que esteja com circuito de proteção.

Detectores de limite capacitivos (sensor): Neste tipo de sensor, a reação é para qualquer tipo de material (metais, água, papel, granulados, etc). O princípio de funcionamento é pela alteração do dielétrico entre a placa sensora capacitiva (armadura) do sensor, pela proximidade do material. A sensibilidade dos sensores capacitivos depende da constante dielétrica do material sensoriado bem como o seu tamanho. Estes sensores são facilmente perturbados de forma indesejável, devido à poeira, respingos, cavacos, etc.

Detectores de limite ópticos ou refletivos (sensor): Destinados à detecção de quaisquer tipos de materiais, emitem e detectam luz infravermelha pulsada, sendo imunes a luz ambiente e aos ruídos eletromagnéticos. São de grande utilidade na indústria de cerâmica, de automóveis, alimentos, de papel e etc.

Existem duas versões para os sensores de infravermelho:

- Os que operam pela reflexão direta e difusa sobre o objeto sensoriado, luz emitida retorna e é detectada. A distância máxima de detecção é especificada de acordo com a cor e o brilho do objeto.
- Os que operam em conjunto com um espelho refletor prismático, detecta a luz refletida pelo mesmo, se for interrompido o feixe de luz determina a presença do objeto. Para essa versão temos que observar distância máxima e mínima, a mínima em objetos muito reflexivos, se não observado não irá funcionar.

Detectores de temperatura: São os termostatos elementos que convertem sinal de temperatura em sinal elétrico. Funcionam baseados nos seguintes princípios: A diferença de dilatação térmica de dois materiais (Bimetálicos ou termopar), a dilatação do líquido e pela mudança da resistência em função da temperatura.

Detectores de pressão: São os pressostatos e vacuôstatos, elementos que convertem sinal de pressão em sinal elétrico, tem larga aplicação no monitoramento de pressão máxima e mínima em sistemas hidráulicos e pneumáticos, também são utilizados para a emissão de sinais nos processos de automação, quando a grandeza de emissão for pressão.

Detectores de fluxo ou fluxostato: Os fluxostatos foram desenvolvidos para a detectarem a presença de fluxo líquido dentro de tubulações. O fluxostato é um conjunto, com válvula de retenção e uma capsula que contem um circuito eletrônico. Como a válvula de retenção permite a passagem num único sentido como a abertura é proporcional a fluxo, a capsula eletrônica funciona como um interruptor quando atingir o valor ajustado.

6.2 *Elementos elétricos de processamento de sinais*

Reles

Na maioria dos comandos, os reles são utilizados para o processamento de sinais e também para o controle remoto de circuitos que transportam correntes elevadas. O relê nada mais é do que um interruptor acionado

eletromagneticamente, para determinadas capacidades de ligação. O relê deve satisfazer algumas exigências, como:

- Pouca necessidade de manutenção;
- Elevado número de manobras;
- Tempos curtos de manobras.

Existe a disposição, de acordo com a necessidade, uma grande variedade de tipos de reles, porém o princípio de funcionamento é sempre o mesmo. Porém, para a escolha dos reles, devem ser utilizados catálogos dos fabricantes, nas quais estão indicadas especificações como, número de contatos, natureza dos contatos, tensão da bobina, corrente máxima suportada pelos contatos, números de manobras, etc.

Relê auxiliar: Os relês auxiliares são utilizados em casos, como: O sinal é de corrente continua (CC) e a carga corrente alternada (CA), acionamento de cargas com tensões diferentes e nos dá condições de fazer o intertravamento ou auto-retenção em circuito que o sinal é somente um impulso.

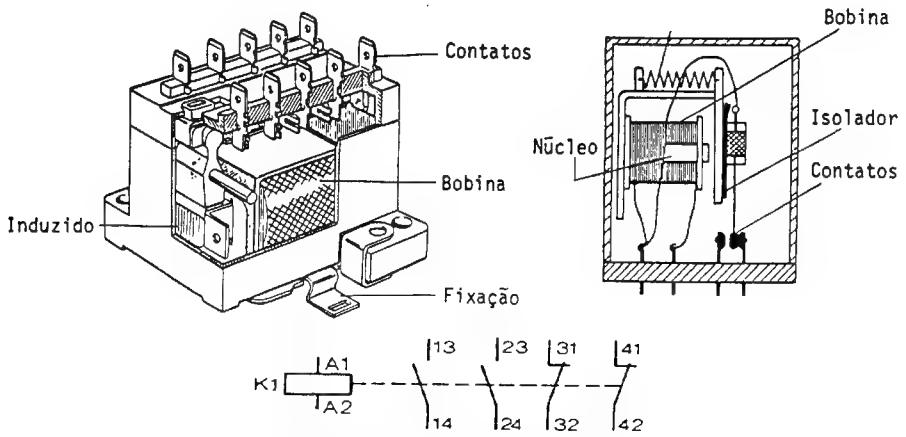


Figura 22 - Relê auxiliar

Relê de remanência: A comutação dos contatos é mantida mesmo com o desligamento ou falta de energia na bobina do relê. Para desfazer a comutação dos contatos é necessário a aplicação de um novo pulso.

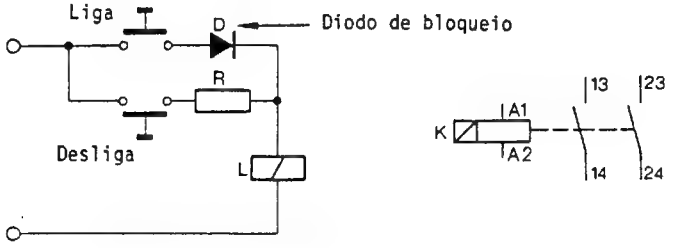


Figura 23 - Relê de remanência

Reles temporizadores: Estes têm a finalidade de ligar ou desligar os contatos num circuito, após um determinado tempo regulável, na energização ou na desenergização. A denominação destes relês é genérica e abrange desde circuitos simples RC baseados no tempo de descarga ou carga de um capacitor, e/ou circuitos digitais que utilizam a freqüência da rede como base de tempo.

Relê de retardo na energização (na ligação): Ao ser energizado o rele permanece em repouso, iniciando a contagem do tempo ajustado, após o tempo ele arma, comutando os contatos e ira permanecer nesta condição enquanto permanecer energizado.

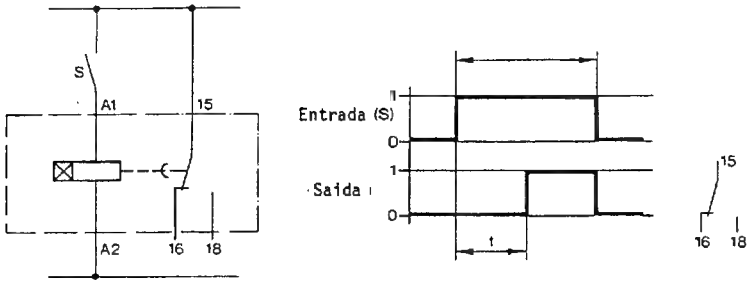


Figura 24 - Relê de retardo na energização

Relê de retardo na desenergização (no desligamento): Ao ser energizado a bobina, o relê arma imediatamente comutando os contatos, ao desenergiza a bobina dá-se o início da contagem do tempo ajustado, após o qual será desligado os contatos.

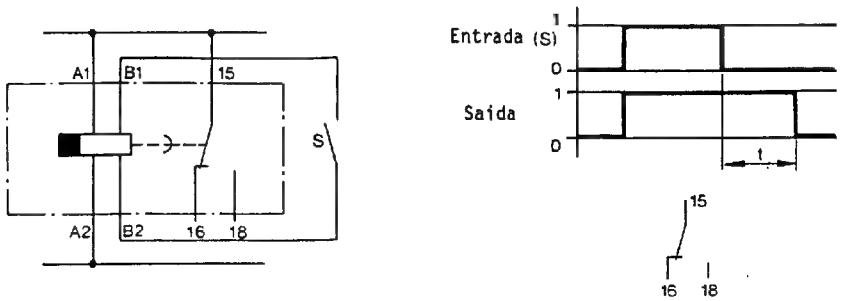


Figura 25 - Relê de retardo na desenergização

Relê tempo cíclico: Com um sinal de entrada ativado este tipo de relê efetua a temporização ciclicamente, energizando por um tempo uma saída e desenergizando outra saída simultaneamente, por várias vezes enquanto o sinal de entrada permanecer energizado.

Relê contador (contador digital de impulso): Registram a contagem de movimentos de outros elementos através de impulsos provenientes de um

emissor de sinal ou comutação de relê, etc.

O reset zera o contador quando a contagem chegar ao valor programado, isto poderá ser feito manualmente ou automaticamente.

Contator

O símbolo do contator é o mesmo do relê, mudando somente a designação dos contatos. O princípio de funcionamento é o mesmo, mas a diferença esta na aplicação de ambos, ou seja, enquanto o relê é previsto à comutação de pequenas cargas, o contator é empregado para potências elevadas, como na ligação de motores, aquecedores, iluminação, etc. Possui como principais características:

- Pequena energia para a comutação de elementos de grande potência.
- Separação galvânica entre circuito de comando e circuito de acionamento.
- Pouca necessidade de manutenção.
- Pouca influência de temperatura.

Tanto, nos contatores como nos reles existem certas desvantagens, como:

- Desgastes nos contatos
- Elevado nível de ruídos na manobras
- Grandes dimensões
- Limitadas velocidades de ligação: 10ms a 50ms.

7 – ESPECIFICAÇÕES DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO

Para a segurança na eletrotécnica foram estabelecidas certas normas e especificações por órgãos normativos da área. A VDE (Associação Alemã de Eletrotécnica), sendo estas subdivididas em:

- *Normas* são especificações obrigatórias. São exigências para a defesa de pessoas e sistemas.
- *Regras* são especificações desejáveis, são exigências para uma boa confiabilidade de funcionamento de sistemas.
- *Instruções* são especificações facultativas, não incluindo informações técnicas de segurança.

As especificações VDE mais importantes são:

- VDE 0100 - Medidas de proteção contra tensões altas de contato.
- VDE O113 - Especificações para os Equipamentos Elétricos de máquinas de usinagem e tratamento, com tensões nominais de até 1000v.
- DIN 40050 - Tipos de Proteção de meios elétricos de produção.

Obs: Além das especificações citadas existem outras.

Regra de segurança das associações profissionais

No projeto de Máquinas e dispositivos que trabalham com componentes elétricos, as exigências mínimas de segurança devem ser observadas.

VDE 0100 - Medidas de proteção contra tensões altas de contato

Aplicada em sistemas que operam com tensões superiores a 65V, devemos observar as seguintes medidas, segundo a VDE 0100:

- Isolamento de proteção.
- Proteção através de tensões reduzidas. (comandos e acionamento).
- Separação de Proteção (Transformadores de alta para baixa).
- Colocação a Zero (Através de ponto estrela ligado ao terra da rede).
- Ligação de Proteção a Terra (Terra).
- Sistema de Linhas de Proteção. Este sistema é admissível para instalações limitadas.
- Circuito de Proteção Contra Falhas de Tensão. (Disjuntores de Sobretensão).
- Circuito de Proteção Contra Falhas de Corrente (Disjuntores de sobrecorrente).

VDE 0113 e DIN 57113

Estas normas são complexas e valem para o equipamento elétrico de todas as máquinas individuais fixas e móveis, para máquinas em linhas de produção e sistemas transportadores com tensão nominal até 1000V.

- *Equipamento de desligamento de emergência e chave geral.*

Emergência deve ser prevista para isolar a máquina da rede ou parar, mas não desbloqueando freios, apagar a iluminação, soltar peças fixadas magneticamente, etc. A chave de emergência deve ter cor vermelha e a superfície de base contrastante, numa máquina podemos ter mais de uma emergência.

Chave geral todas as máquinas devem ter chave geral, para desligar o equipamento durante uma limpeza, manutenção, conservação e outros trabalhos junto à máquina. Na máquina só deverá ter uma chave geral e de acionamento manual e com posição definida com indicação ligada ou desligada.

- *Unidade de comando, instrução e aviso.*

Unidade de comando: detetores de limites, fim de curso, sensores com conversores, eletroválvulas, etc.

Unidades de instrução: botões de introdução, botões de acionamento, etc.

Unidade de aviso: lâmpadas indicadoras, sirenes, etc.

Observações

- Para estas unidades recomenda-se local limpo, seco, fácil acesso, protegido contra a penetração de elementos estranhos.
- Para unidade de comando e introdução, devemos dar preferência aos contatos abridores, aumentando a segurança e diminuindo as perturbações, devido à entrada de elementos estranhos entre os contatos.
- O meio de acionamento dos detectores de limites, de preferência, devem ser acionados por impulso, ter um só contato comutador ou um abridor e outro fechador. Havendo a necessidade de mais contatos, é melhor utilizar relé, que inclusive evita sobrecarga nos contatos do interruptor e também mais confiáveis, apesar de ficar mais caro.

Cores para botões

- *Vermelho*: Parada, desligamento e desligamento de emergência.
- *Verde ou Preto*: Partida, ligamento.
- *Amarelo*: Retornar para a posição inicial, partida para eliminar condição perigosa.
- *Branco*: Toda a função para qual não vale uma das cores acima.

Circuitos auxiliares e bloqueamentos.

Em equipamentos elétricos de máquinas e sistemas, os comandos contam com circuitos auxiliares como:

- Ligação a terra;
- Separação de proteção através de transformador;
- Circuitos de proteção contra falhas de tensão e corrente.

Um ciclo de trabalho deve começar, somente quando todas as condições de segurança forem cumpridas, tanto para o operador como para a maquina.

As máquinas devem ter a possibilidade de comando manual ou atuações individuais para fins de teste ou ajustes.

Obs: No funcionamento automático o comando manual deve ser ineficaz.

DIN 40050 - Tipos de Proteção de meios de serviços elétricos

Esta norma trata da proteção de pessoas contra contato de partes sob tensão ou partes internas que podem ser tocadas pelas mãos. Além disso, trata sobre a proteção de meios de serviços contra a penetração de corpos estranhos e de água.

Formação da sigla consiste em duas letras: IP (International Protection) e dois números para o grau de proteção, sendo que o primeiro representa o grau

de proteção a penetração de corpos estranhos e o segundo número representa o grau de proteção contra a infiltração de água, conforme a tabela a seguir:

- Grau de proteção contra contatos e corpos estranhos: primeiro número
- Grau de proteção contra água: segundo número

Tabela 3 - Formação da sigla/grau de proteção

PRIMEIRO	Denominação (contatos e corpos estranhos)	SEGUNDO	Denominação (água)
0	Nenhuma proteção	0	Nenhuma proteção
1	Proteção contra grandes corpos estranhos, diâmetro maior 50mm	1	Proteção contra gotas que caem verticalmente
2	Proteção contra corpos de tamanho médio, diâmetro maior 12 mm.	2	Proteção contra gotas de água que caem obliquamente até 15º com a vertical
3	Proteção contra pequenos corpos estranhos, diâmetro 2,5 mm.	3	Proteção contra água respingante e que cai com o até 60º com a vertical.
4	Proteção contra corpos estranhos em forma de grão	4	Proteção contra água pulverizada
5	Proteção contra depósito de poeira	5	Proteção contra jatos de água
6	Proteção contra penetração de poeira	6	Proteção na imersão
		7	Proteção na submersão

Exemplo: IP 65 – Significa Tipo de proteção de meios e de serviços elétricos contra a penetração de poeira e contra jatos de água.

8 – ESQUEMAS ELÉTRICOS E ELETRO-HIDRO-PNEUMÁTICOS BÁSICOS.

Para um perfeito entendimento de um comando, é necessário a correta interpretação de sua representação gráfica que é o esquema.

Esta representação deve conter todas as informações e identificações para os componentes, assim como uma disposição que contemple uma leitura fácil.

Vamos ver alguns detalhes sobre identificação dos elementos, tipos de esquemas, bem como os comandos eletro-hidro-pneumáticos.

Tabela 4 - Letras de Identificação para elementos elétricos (DIN 40719 – Parte 2 – Junho de 1978).

LETRA	TIPO DE EQUIPAMENTO
A	Grupos construtivos; grupos construtivos especiais.
B	Conversores de grandezas não elétricas para grandezas elétricas, ou vice-versa.
C	Condensadores
D	Elementos binários; dispositivos de memória.
E	Cercas elétricas; instalação de iluminação; instalação de aquecimento.
F	Dispositivos de proteção: fusíveis, reles de proteção, etc.
G	Geradores;
H	Instalações de aviso: sinaleiros.
J	Livre
K	Reles; contactores: os utilizados em comandos para funcionamento do sistema.
L	Indutores
M	Motores
N	Amplificadores; reguladores;
P	Aparelhos de medição; aparelhos de teste:
Q	Aparelho de ligação de altas correntes
R	Resistências; potenciômetros; termitores, etc
S	Chaves; seletores: chaves fim de curso, botões.
T	Transformadores
U	Moduladores; conversores de grandeza elétrica outra grandeza elétrica.
V	Válvulas; semicondutores.
W	Recursos de transmissão; antenas.
X	Borres; pulgões; tomadas.
Y	Dispositivos mecânicos acionados eletricamente: freios, embreagens, válvulas de pressão, ímãs de bloqueio, plotter.
Z	Filtros; dispositivos de compensação.

8.1 *Tipos de esquemas de comando*

Existem divergências por parte dos fabricantes na representação dos equipamentos e unidades elétricas no esquema de comando, mas existem esforços para transformar a representação a nível Internacional, com isto alcançar a padronização.

As Normas IEC e DIN são as mais utilizadas.

Para os técnicos é importante ter em mãos um esquema de comando, pois facilita a montagem, manutenção ou conservação do sistema.

Diagrama de Funções

Neste diagrama são mostrados todos os detalhes das linhas e dos componentes, não se dando importância à colocação de cada unidade.

Utilizado onde não necessitamos de seqüências complexas como; eletrodomésticos, automóveis, etc.

Diagrama de Circuitos (funcional)

Ao contrário do diagrama funções, é separada as partes de comando e acionamento, evitando assim as linhas cruzadas e com a vantagem da visualizar melhor o funcionamento do comando.

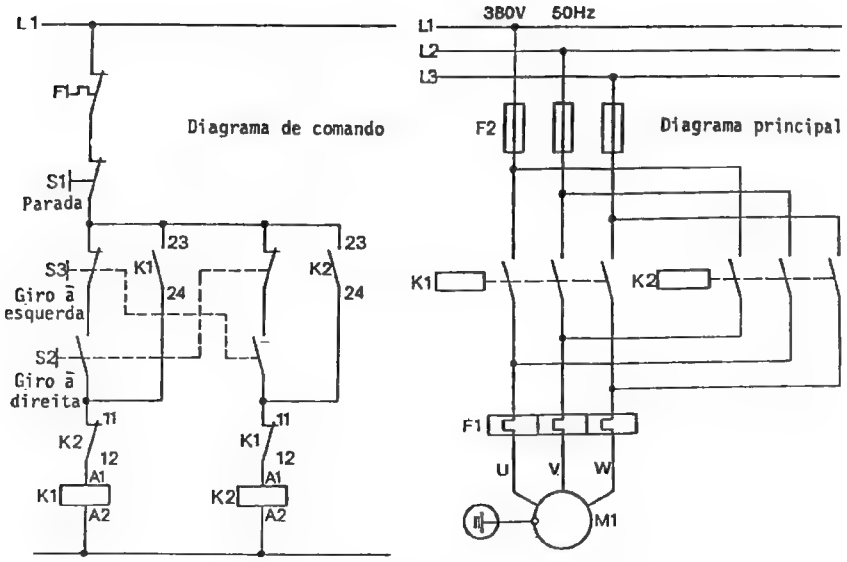


Figura 26 - Diagrama de circuitos

Obs: Nos diagramas para melhor interpretação, utilizam-se marcações com letras ou cifras para caracterizar os componentes e os contatos.

8.2 *Conversores de sinais eletro-hidro-pneumáticos*

Em etapas anteriores discutimos os critérios das e características dos meios de acionamento e comando, segundo as vantagens e desvantagens econômicas e técnicas.

A fim de aproveitar as vantagens de cada meio, pode-se efetuar a combinação destes, para a solução de um problema de comando. Para que isto ocorra é necessário de elementos de ligação, que farão a conversão dos sinais de uma técnica para outra.

Em sistemas que utilizam a pneumática, hidráulica e a elétrica respectivamente para as partes de trabalho e comando, ou vice versa, a conversão dos sinais é realizada através de conversores eletropneumáticos ou eletrohidráulicos (eletroválvulas) e dos conversores pneumáticos ou hidráulicos para elétricos (Pressostatos) que depende da pressão para sinalizarem.

Válvulas solenóides (eletroválvulas)

As válvulas solenóides podem ser acionadas diretamente, neste caso a força necessária para acionamento da válvula terá que vencer a mola, os atritos e outras que se opõem à comutação (em œrtos casos a pressão). Esta força será maior quanto maior forem as válvulas, isto significa bobinas maiores e conseqüentemente maior consumo de energia.

A fim de manter-se pequena as bobinas, mesmo no caso de válvulas grandes, é utilizado o comando servo-pilotado, no qual que faz a força para acionamento é a própria pressão e a bobina na verdade aciona uma micro-válvula que permite a passagem para o piloto de serviço (Acionamento).

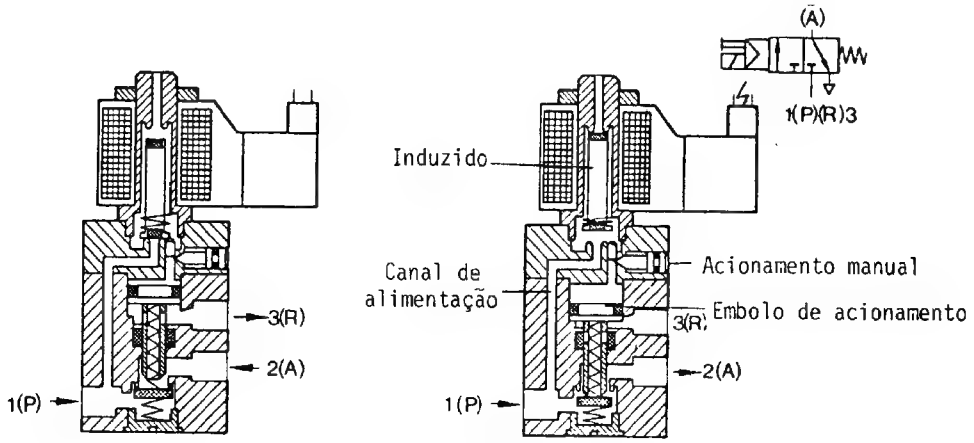


Figura 27 - Válvulas solenóides

8.3 *Elaboração de comandos eletro-hidro-pneumáticos*

Na elaboração de circuitos eletro-hidro-pneumáticos devemos considerar o seguinte:

- Esquema hidráulico ou pneumático deve ser desenhado separado de elétrico;
- Convém efetuar a disposição dos elementos segundo o esquema do fluxo de sinais;
- Esquema hidráulico ou pneumático é representado pelas formas conhecidas;
- A parte elétrica é representada, se possível, na forma de diagrama de circuito de corrente;
- A disposição vertical dos trajetos de corrente entre as barras positivas e negativas dispostas horizontalmente;
- Convém dispor os equipamentos e elementos de comutação apenas sobre as linhas verticais dos trajetos de corrente;
- Fluxo de corrente deve, se possível, transcorrer de cima para baixo;
- Evitar cruzamento de condutores à medida do possível;
- Os equipamentos são sempre desenhados no estado livre de corrente e

não acionados. Divergindo-se desta situação, deve-se indicar este fato claramente (exemplo: por seta).

Comando de um cilindro de simples ação

O êmbolo de um cilindro de simples ação deve avançar, pelo acionamento de um botão. Ao soltar o botão, o cilindro deve retornar.

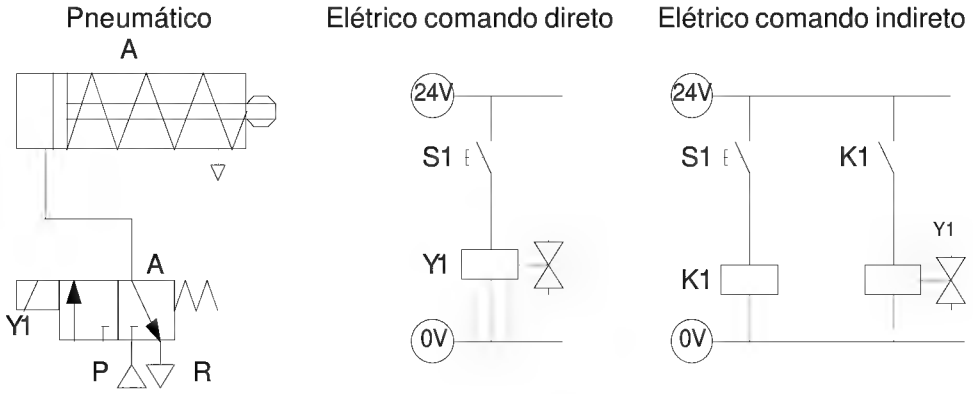


Figura 28 - Comando de um cilindro de simples ação

Comando de um cilindro de dupla ação

O êmbolo de um cilindro de dupla ação deve avançar, pelo acionamento de um botão. Ao soltar o botão, o cilindro deve retornar.

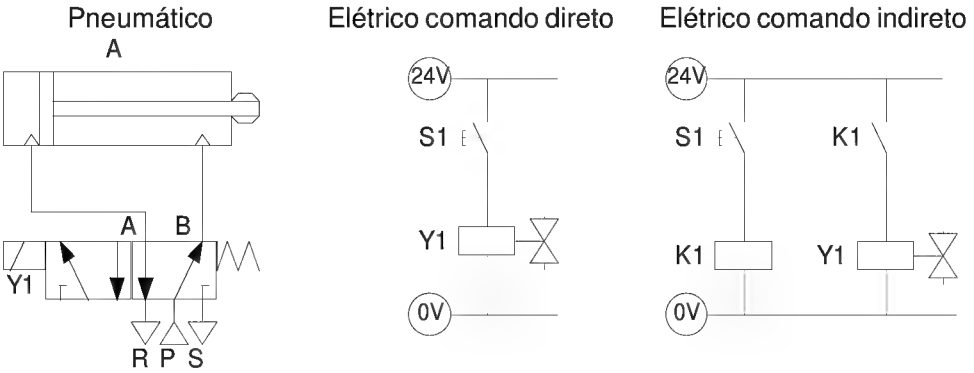


Figura 29 - Comando de um cilindro de dupla ação

Comando bilateral

Com um impulso no botão o cilindro ira avançar e permanecer no final do curso, com impulso em outro botão receberá um sinal para recuar. Com comando indireto.

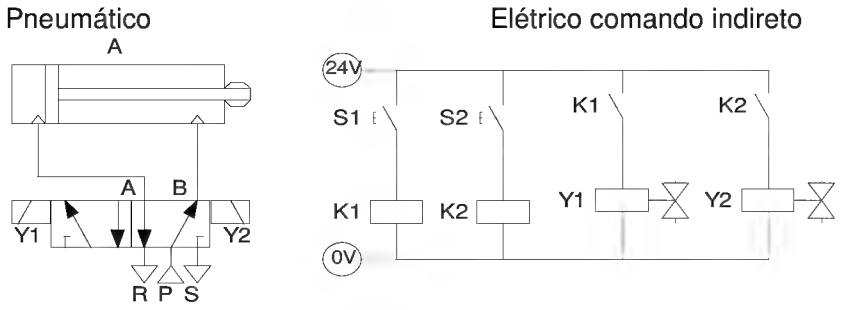


Figura 30 - Comando bilateral

Comando oscilante de um cilindro de dupla ação, comando indireto.

Ao ser ligado uma chave com trava, o embolo do cilindro deverá ficar avançando e recuando até ser desligada a chave, o cilindro sempre deverá ficar posicionado atrás.

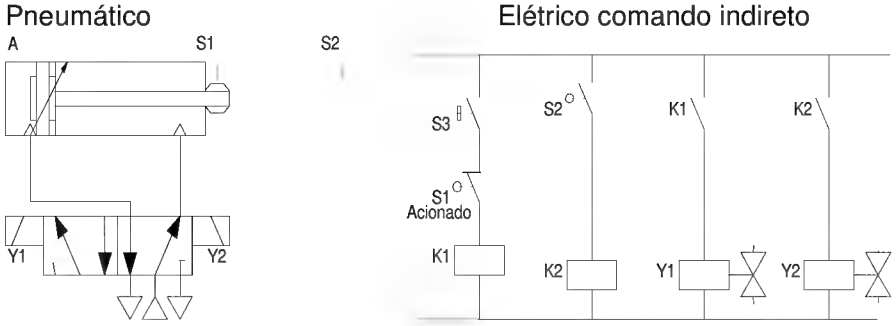


Figura 31 - Comando oscilante de um cilindro de dupla ação

Comando de um cilindro de simples ação, com auto-retenção elétrica.

O êmbolo de um cilindro de simples ação deve avançar, juntamente ligar uma lâmpada indicadora ao ser acionado um botão e permanecer avançado até acionamento de um outro botão.

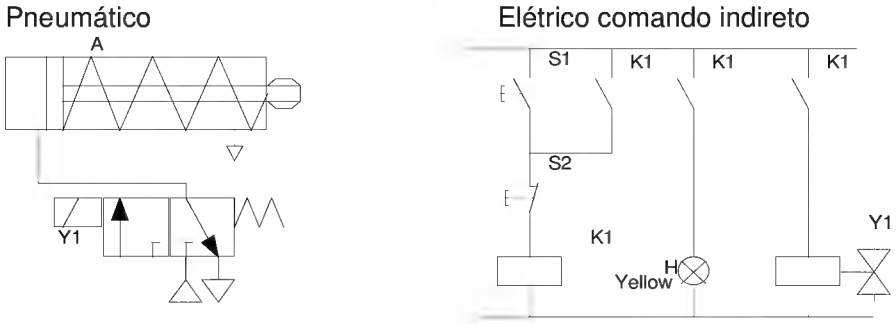


Figura 32 - Comando de um cilindro de simples ação

Comando de um cilindro de dupla ação com retorno automático temporizado no fim de curso (retardo na ligação)

Ao ser acionado um botão de impulso, o êmbolo do cilindro deverá avançar. Ao chegar no final do curso deverá ficar um determinado tempo e depois recuar.

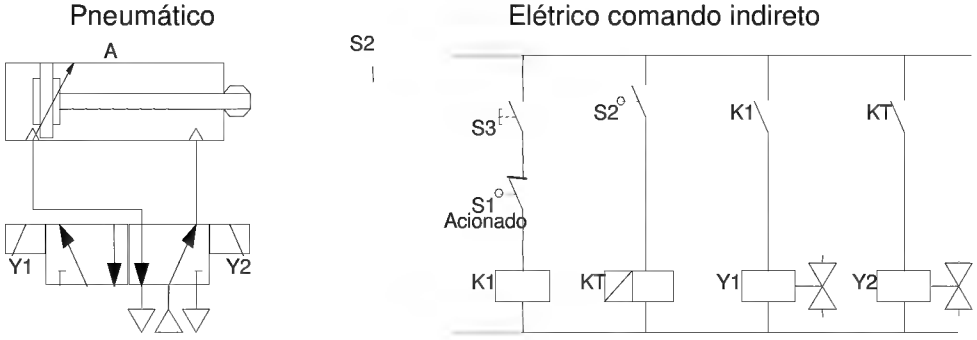


Figura 33 - Comando de um cilindro de dupla ação com retorno automático temporizado no fim de curso

9 – ELABORAÇÃO DE COMANDOS ELETROPNEUMÁTICOS SEQUENCIAIS

Uma seqüência de movimentos realizada pelos atuadores pneumáticos pode vir de um comando elétrico, que executa a captação de sinais, processamento, e os envia a unidade de acionamento, segundo uma ordem preestabelecida.

Existem duas maneiras para elaboração de comandos: Pelo método experimental (intuitivo) e pelos métodos sistemáticos de resolução.

Para ambos o método é necessário uma organização para resolver, pelos intuitivos, o problema é resolvido de acordo com o conhecimento e a experiência, portanto ele se aplica bem, para os casos em que a seqüência não é complexa. Quando as soluções são complexas a resolução desta exige mais tempo e experiência.

Os métodos sistemáticos são utilizados de acordo com determinadas diretrizes que deverão ser conhecidas. Os dois métodos conduzem a solução, mas o sistemático trará mais clareza e segurança dos esquemas quando existem muitos movimentos.

9.1 *Elaboração intuitiva de um esquema de comando*

Utilizando os esquema eletropneumáticos básicos podemos desenvolver de forma intuitiva o comando de um dispositivo para levantar caixas.

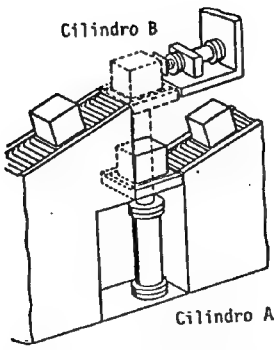


Figura 34 - Comando de um dispositivo para levantar caixas

As caixas que chegam ao dispositivo através de uma esteira transportadora de rolos deverão ser levantados pelo cilindro A. Ao chegar à posição superior o cilindro B deverá empurrar a caixa para a segunda esteira. Após este movimento, o cilindro A deverá retornar, e somente quando este alcançar a posição traseira, deverá retornar o cilindro B.

Solução 1: Memorização dos sinais na parte pneumática.

1º Passo: Desenhar os cilindros A e B, com as válvulas direcionais de aciona mento bilateral. Marcar as chaves fim de curso elétricas.

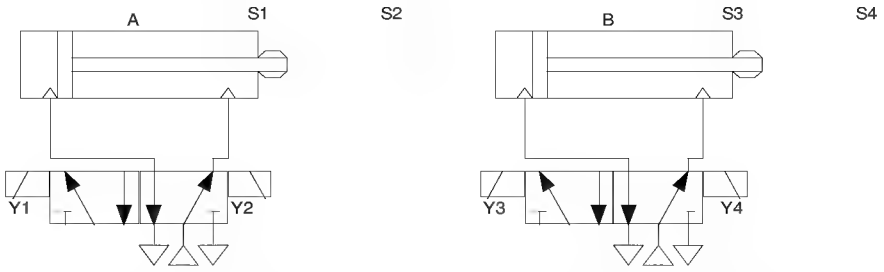


Figura 35 - Menorização dos sinais na parte pneumática

2º Passo: Desenhar o circuito de corrente de comando e o circuito de corrente principal:

Figura 36 - Memorização das cinais na parte pneumática

No circuito de corrente de comando é colocado um relê K1 que é ligação através do botão, S5 (Partida) e do fim de curso de verificação da posição inicial S3.

No circuito de corrente principal um contato fechador de K1 energiza a bobina Y1 que comanda o avanço do cilindro A. A caixa é levantada.

3º Passo: Desenhar a 2ª linha de corrente no circuito de comando e no circuito principal.

Figura 37 - Memorização dos sinais na parte pneumática

Na posição final dianteira do cilindro A, é acionada uma chave fim de curso S2.

Através desta chave, é ligado o relê K2. Um contato fechador do relê K2 energiza a bobina Y3; a válvula direcional é acionada, fazendo avançar o cilindro B, que empurra o pacote para a 2ª est eira.

4º passo: Desenhar a 3ª linha de corrente no circuito de comando e no circuito principal

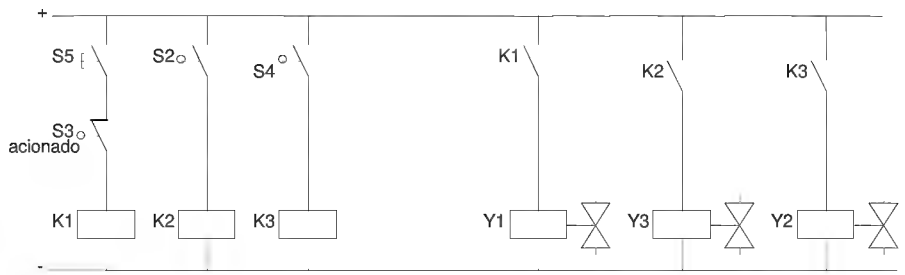


Figura 38 – Memorização dos sinais na parte pneumática

Após ter empurrado o pacote, o cilindro "B" aciona a chave fim de curso S4.

Esta chave liga o rele K3. Através de um contato fechador de K3, a bobina Y2 é ligada, comutando a válvula e comandando o retorno do cilindro "A" que traz de volta a plataforma de elevação.

5º passo: Desenhar a 4ª linha de cor rente no circuito de comando e no circuito principal.

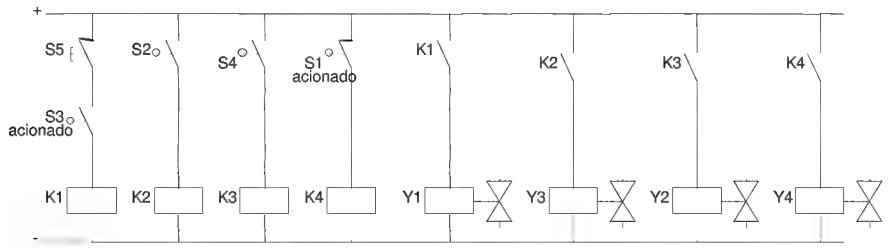


Figura 39 - Memorização dos sinais na parte pneumática

Na posição traseira, o cilindro "A" aciona a chave fim de curso S1. Esta chave liga o relê K4, que por sua vez, liga através de um fechador, a bobina Y4. 0 cilindro B retrocede e aciona ao chegar atrás, a chave fim de curso S3 que possibilita, ao ser dada uma nova partida através de S5, a realização de uma nova operação .

Segunda solução: Memorização dos sinais na parte elétrica.

1° passo: Desenhar os cilindros A e B, com as válvulas direcionais de acionamento unilateral e reposição por mola. Posicionar as chaves fim de curso elétricas.

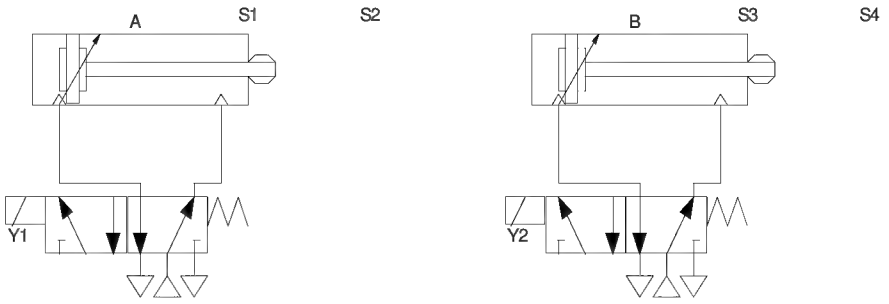


Figura 40 - Memorização na parte elétrica

2° passo: Desenhar o circuito elétrico de comando, e principal, para o relê K1, e para a bobina Y1.

Figura 41 - Memorização na parte elétrica

Ao ser pressionado o botão S5 (partida), é estando acionada a chave fim de curso S3 (verificação da posição inicial), o relê K1 é ligado. Em paralelo com esta linha de corrente encontra-se ligado um contato fechador de K1. Em virtude disto, ao ser liberado o botão S5, o relê K1 continua energizado. Através de um outro contato fechador de K1, é ligada a bobina Y1, que comuta a válvula fazendo avançar do cilindro A.

3° passo: Desenhar os circuitos elétricos de comando e principal para o relê K2 e bobina Y2.

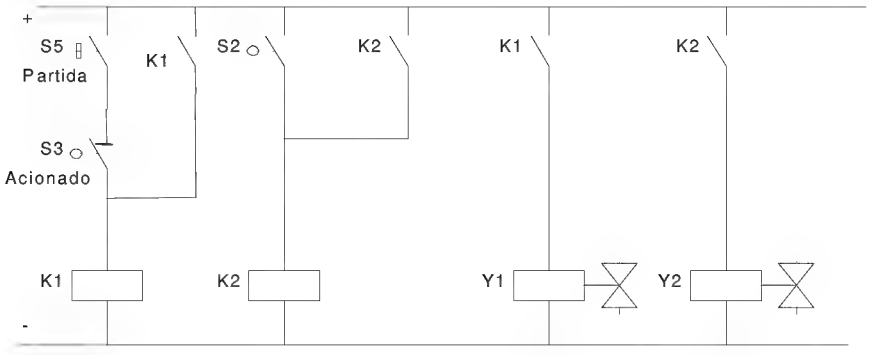


Figura 42 - Memorização dos sinais na parte elétrica

O cilindro A avançando, aciona ao chegar ã frente, a chave fim de curso S2; esta energiza o relê K2 no circuito de comando. Em paralelo ao circuito do relê K2, encontra-se ligado um contato fechador de K2, que promove a auto-retenção deste. No circuito de corrente principal, um outro fechador de K2, liga a bobina Y2, fazendo avançar o cilindro B.

4° passo: Intercalar no circuito de comando do relê K1, uma chave fim de curso S4 para desligar este relê.

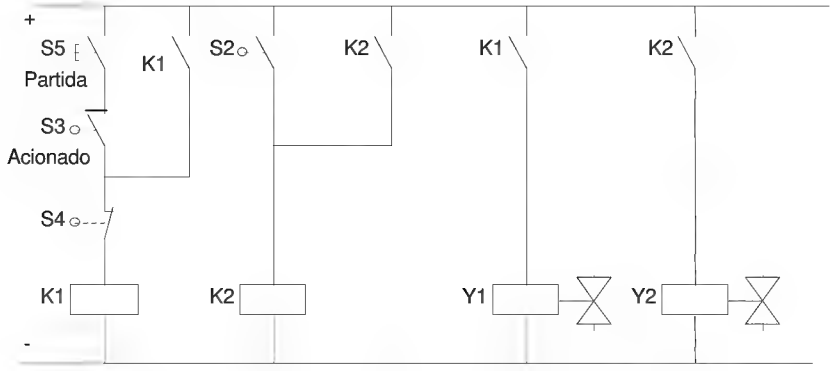


Figura 43 - Memorização dos sinais na parte elétrica

A chave fim de curso S4 é colocada em série com a bobina do relê KI, sendo utiliza com seu contato abridor. Ao ser acionada esta chave, no avanço do cilindro B, fica interrompido o circuito de corrente da bobinas de K1; a

autoretenção é desfeita e o relê K1 é desligado. Isto faz com que no circuito principal o fechador de K1 desligue a bobina Y1, provocando o retomo do cilindro A.

5° passo: Intercalar no circuito de comando do relê K2, uma chave fim de curso S1 para desligar este relê.

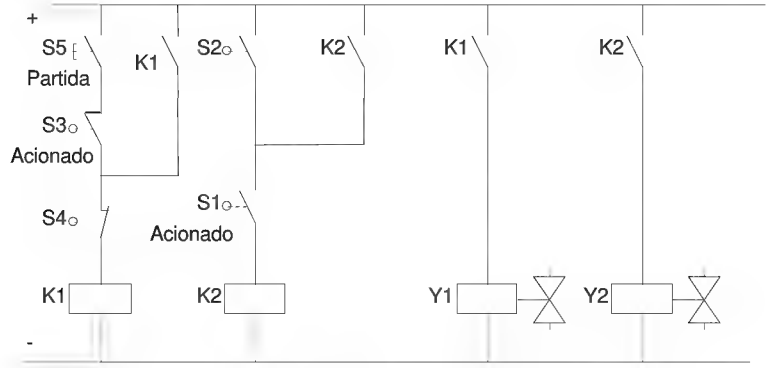


Figura 44 - Memorização dos sinais na parte elétrica

A chave fim de curso S1 é colocada em série com a bobina do relê K2, sendo utilizado seu contato abridor. Ao ser acionado o fim de curso S1, é interrompido o circuito do relê K2. E suprimida a auto-retenção e o relê K2 é desligado. No circuito principal, é desligada através do fechador de K2, a bobina Y2, que provoca o retorno do cilindro B. Ao chegar à posição traseira, o cilindro B aciona o fim de curso S3 que possibilita, ao ser pressionada a partida o inicio de um novo ciclo.

9.2 *Elaboração de esquemas de comando pelo método de desligamento de sinais.*

Freqüentemente, na resolução intuitiva de comandos seqüenciais eletropneumáticos surge o problema de sobreposição de sinais; isto significa que uma válvula direcional de acionamento bilateral, não é possível haver comutação. Neste caso será necessário eliminar o sinal indesejado, para tanto existem várias maneiras: Emissão de um sinal curto, roletes escamoteáveis, impulsos elétricos momentâneos com temporizador, circuitos de auto-retenção (memória).

9.3 *Métodos sistemáticos de esquemas*

O sistema mais simples para a construção de qualquer comando e de forma segura consiste em desconectar o sinal quando este não e mais necessário, o que significa a anulação após cada passo ou operação.

Neste método o número de entradas deve ser igual ao número de saídas, pois o sinal de saída deve permanecer memorizado mesmo que o sinal de entrada correspondente tenha desaparecido, as válvulas de acionamento bilateral e seguir uma ordem pré-estabelecida (Seqüência).

Método de Seqüência Mínima ou Cascata

Neste método faz-se necessário à divisão dos movimentos em grupos. A divisão para formar os grupos deve obedecer ao seguinte critério, somente deverá acontecer um movimento do cilindro para cada grupo. Utilizar uma das técnicas de representação de movimento dos atuadores, normalmente a *seqüência algébrica.*

Exemplo de para aplicação: Comando de uma Fresadora.

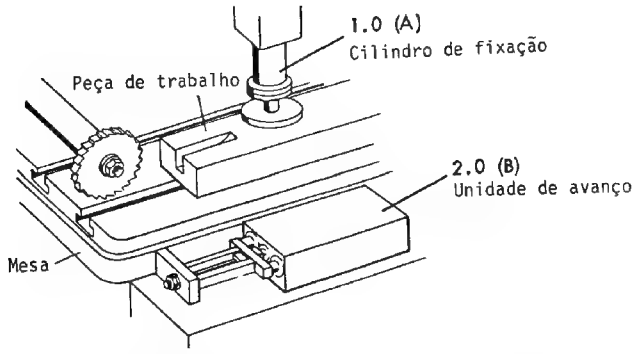


Figura 45 - Comando de uma fresadora

Etapas do processo

1º Passo: desenhar o diagrama "trajeto-passo".

2º Passo: reconhecimento da situação onde os sinais se sobrepõem, pela resolução intuitiva, desenhando o esquema pneumático e elétrico.

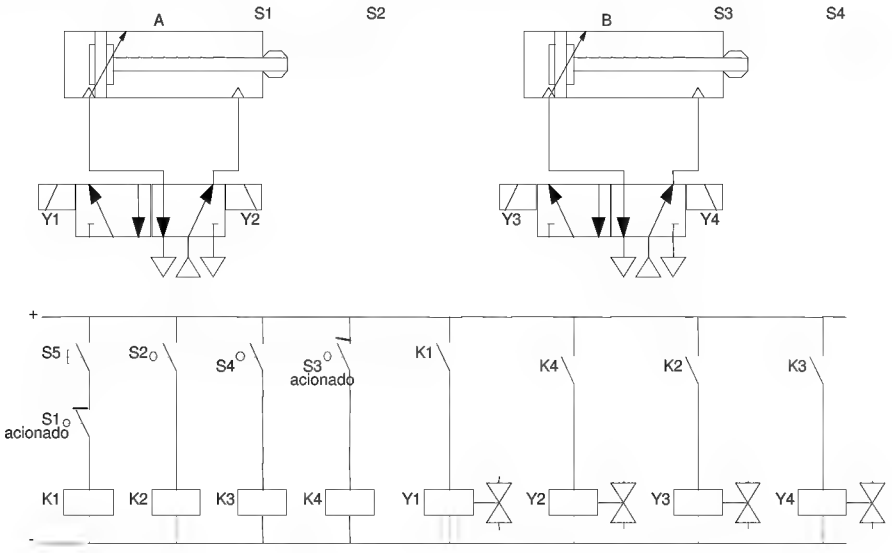


Figura 46 - Diagrama trajeto-passo - Esquema elétrico e pneumático

3º passo: dividir ou classificar a seqüência de movimentos em grupos.

O desligamento de sinal se processa após o último movimento do grupo e assim sucessivamente para os demais grupos.

O número de grupos representa o número de linhas auxiliares de corrente que serão energizadas e desenergizadas uma a uma (*em forma de cascata*), eliminando os sinais indesejáveis, através de relês com circuito de autoretenção. O número de reles (N_{reles}) para comutação de linhas auxiliares é sempre igual ao número de linhas auxiliares (N_{linhas}) menos um (1).

$$N_{reles} = N_{linhas} - 1$$

4º passo: Desenhar o circuito pneumático, identificar e representar a posição das chaves fim de curso ou sensores e o acionamento das válvulas (solenóides). É o mesmo do 2º passo.

5º passo: Desenhar a parte elétrica, com o circuito de comando (reles comutadores de linhas) e o circuito principal, onde aparecerão as linhas auxiliares que são energizadas pelos contatos dos reles comutadores de linhas.

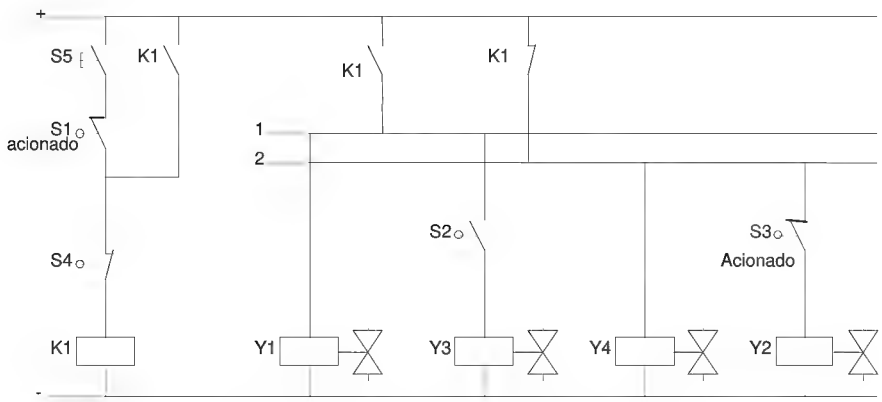


Figura 47 - Comutadores auxiliares

Método de Seqüência Máxima.

A fim de se atingir segurança máxima possível, um desligamento é efetuado após cada passo da sequência. Neste caso o número de grupos dependerá exclusivamente do número de passos do ciclo. Utilizar uma das técnicas de representação de movimento dos atuadores, normalmente a *seqüência algébrica.*

A+ / B+ / B- / A- ; Cada movimento representa um grupo.

Para o exemplo, visto no de seqüência mínima teremos o seguinte resultado no de seqüência máxima, Somente o circuito elétrico.

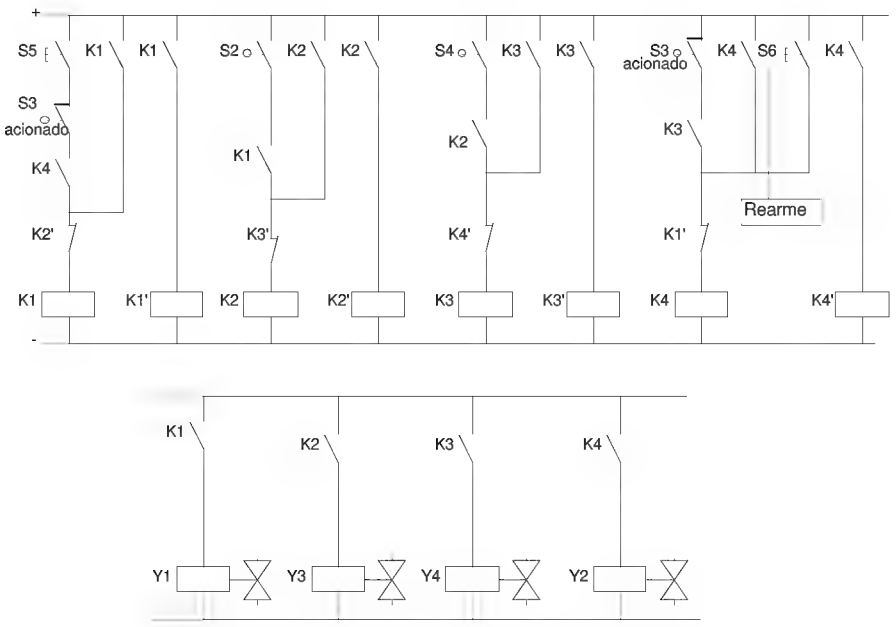


Figura 48 - Método de seqüência máxima

Método de seqüência máxima - Cadeia estacionaria de comando ciclico. Neste método utilizam-se válvulas de simples solenóides para o comando dos cilindros.

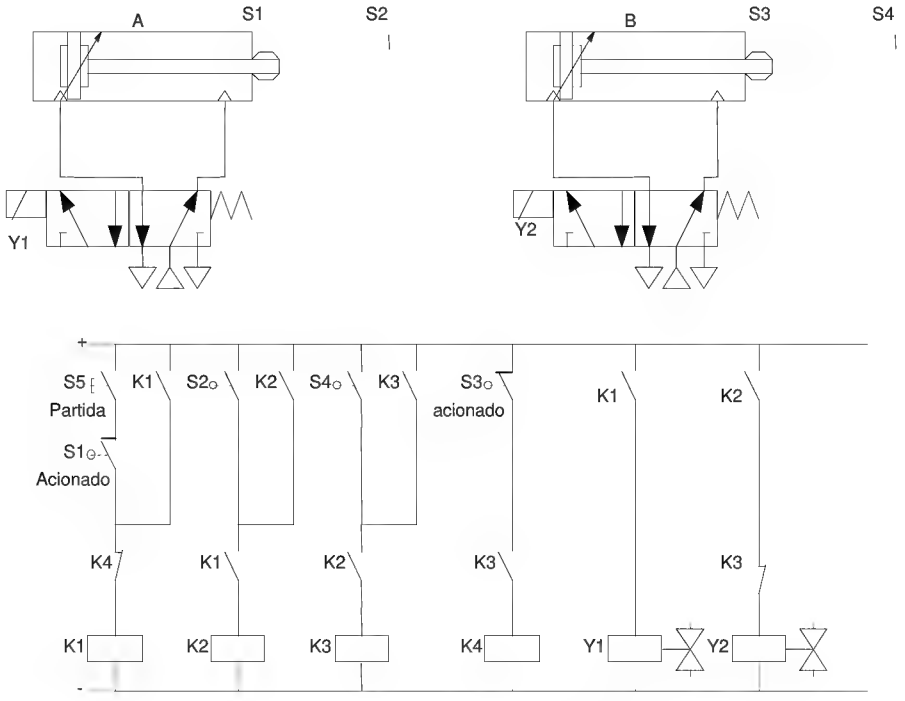


Figura 49 - Comando dos cilindros

10 – INTRODUÇÃO AOS COMANDOS ADICIONAIS

Condições marginais.

Além da seqüência de movimentos necessárias no comando, na prática encontramos outras exigências que não pertencem diretamente ao funcionamento normal do comando.

Estas condições são chamadas "condições marginais" podem ser, como exemplo: partida, manual ou automático, parada, posição a zero, parada de emergência, contador e etc.

Estas condições significam, por um lado, na simplificação ou comodidade no serviço.

Por outro lado, funções adicionais de comando são especialmente importantes na pneumática, pois nota-se uma tendência clara na construção em placas e painel de comando, que facilitam a montagem, manutenção e supervisão.

Como estas condições se repetem continuamente ou voltam a aparecer de forma similar, e vantajoso o projeto de um comando básico com varias destas condições incluídas.

Isto proporciona ao projetista uma facilidade de poder trabalhar em projetos (unir, acoplar as deferentes partes do comando).

Desenvolvimento de um comando

Para solucionar um problema de automatismo, o principal e mais importante e o planejamento do problema.

É importante um planejamento esquemático do comando para poder chegar a uma determinação total do problema.

Um comando se divide em 3 grupos:

- Entrada de sinais;
- Tratamento das Informações;
- Saída do sinal ou execução da ordem.

Definições das condições adicionais (marginais).

Comando liga-desliga

Mediante o uso de um botão com trava se pode Ligar ou desligar a distribuição de energia de forma controlada.

Partida: (START)

Acionando o "botão de partida" se coloca em funcionamento a circuito.

Manual/Automático

Através de uma válvula seletora (acionamento por alavanca) pode-se pré-selecionar partida manual ou automático.

Manual

Em posição "MAN", através de botões adicionais, pode-se efetuar o movimento individual de cada elemento de trabalho. A partida "AUT" fica sem *efeito*.

O automático se subdivide em:

Ciclo Único e Ciclo Contínuo

No caso do ciclo contínuo, após acionar o botão de partida, a Instalação deve funcionar indefinidamente ate que uma ordem contraria seja dada (parada).

Parada: (STOP)

Com o acionamento do botão de "parada" e anulando o ciclo contínuo. O ciclo é completado e o sistema volta a posição inicial

Rearme: (SET)

Posiciona o circuito permitindo uma nova partida.

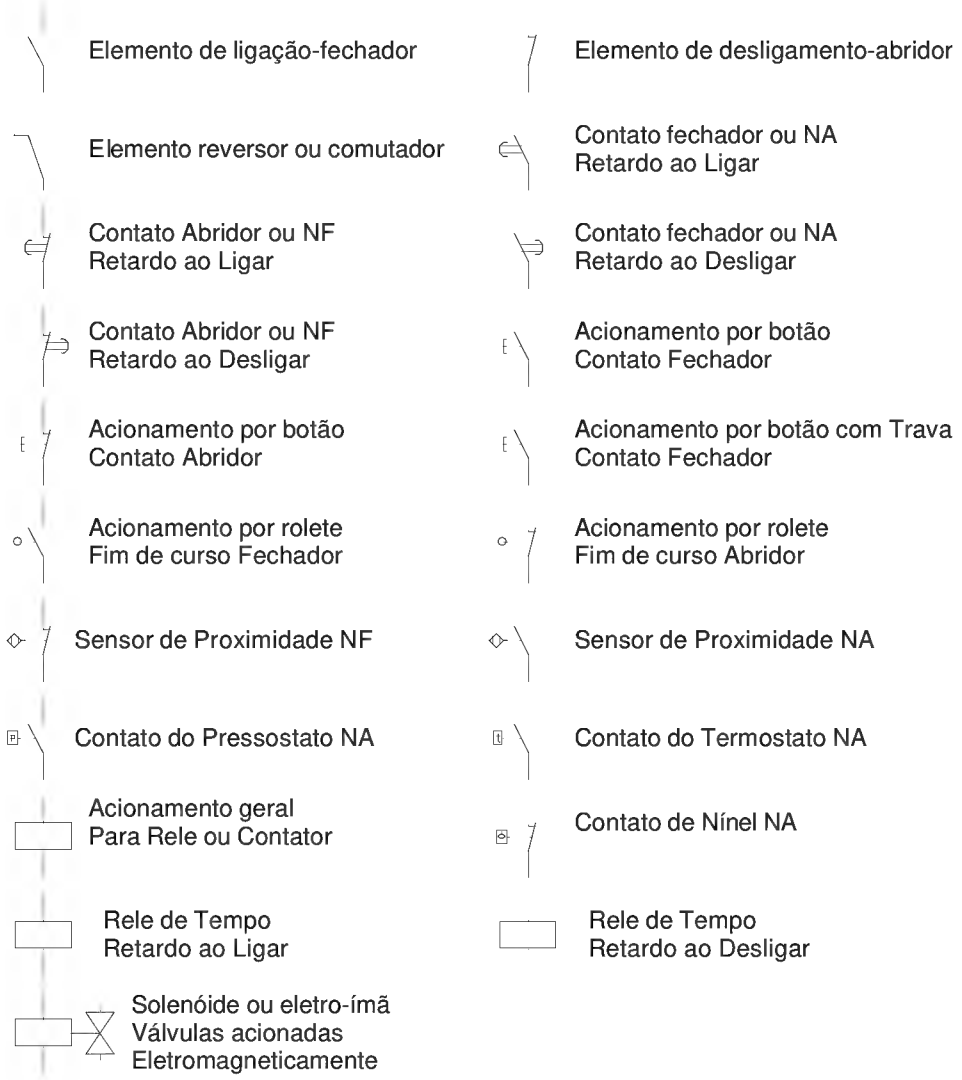
Parada de emergência

As condições de emergência são peculiares a cada dispositivo, devendo-se analisar cada situação. Genericamente e possível dizer que:

- A situação de emergência pode ser acionada mecanicamente, eletricamente ou manualmente, sempre que houver risco pessoal ou de equipamentos;
- O programa e imediatamente interrompido ao acionar-se a emergência;
- Em situação de emergência todos os outros comandos devem ficar sem efeito, ou sela o circuito de emergência é prioritário.
- Em determinadas condições pode ser necessária uma opção extra para a alimentação do circuito em caso de falha, para permitir que o circuito de emergência fique energizado, devido a certas condições do sistema, como por exemplo, freios.

11 – SIMBOLOGIA DOS ELEMENTOS ELÉTRICOS MAIS COMUNS NA ELETROPNEUMÁTICA

Símbolos conforme norma DIN 40713



12 – INTRODUÇÃO AOS SOLENÓIDES PROPORCIONAIS

Os solenóides proporcionais, nos aspectos construtivos, são similares aos convencionais e também recebem um sinal elétrico de comando para o controle de abertura ou fechamento de válvulas.

A diferença, porém, esta no efeito que este sinal elétrico provoca sobre o induzido (núcleo). Nós sabemos que nos solenóides convencionais o efeito da

corrente elétrica é ligar ou desligar (0 ou 1).

Em solenóides proporcionais, a corrente que circula na bobina induz no núcleo, um movimento proporcional a corrente, portanto a válvula passa a ter infinitas posições entre o início e o fim do curso do elemento da válvula.

Os solenóides proporcionais são utilizados para direcionar e controlar vazão, controlar a pressão em circuitos hidráulicos, isto é feito através do controle e comando eletrônico.

Numa válvula solenóide convencional, sabemos que as forças atuantes para abrir e fechar são basicamente duas:

- Força magnética provocada pelo campo magnético, que surge em função de uma corrente elétrica circulante na bobina;
- Força da mola que atua sobre o núcleo, para a reposição da válvula quando o sistema estiver desenergizado.

Quando o solenóide da válvula é energizado, a força magnética move o núcleo e ao mesmo tempo, atua contra a força da mola, sendo que esta tem uma relação linear entre a força de compressão e o deslocamento do núcleo (martelo), valendo neste caso a Lei de Hooke.

Em solenóides convencionais

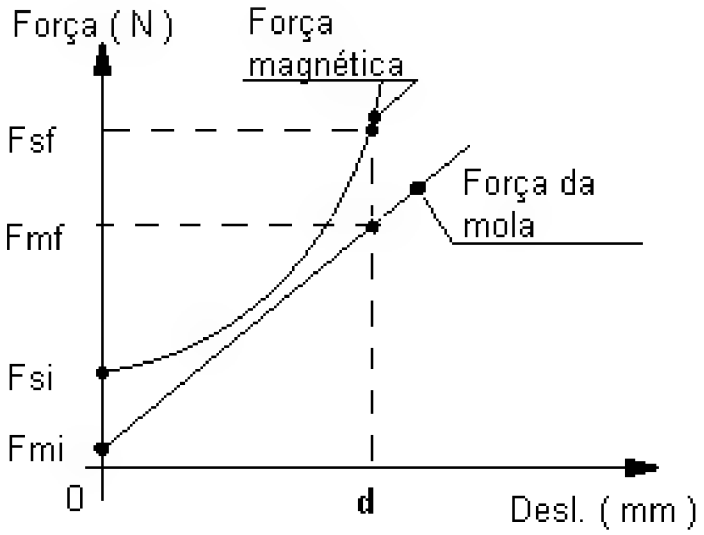


Gráfico 1 - Relação entre força e deslocamento – solenóide convencional

Observamos, quando o solenóide é energizado para uma corrente nominal surge uma força magnética que é sempre maior que a força da mola, deslocando o núcleo até o final do curso de trabalho.

Em solenóide proporcional

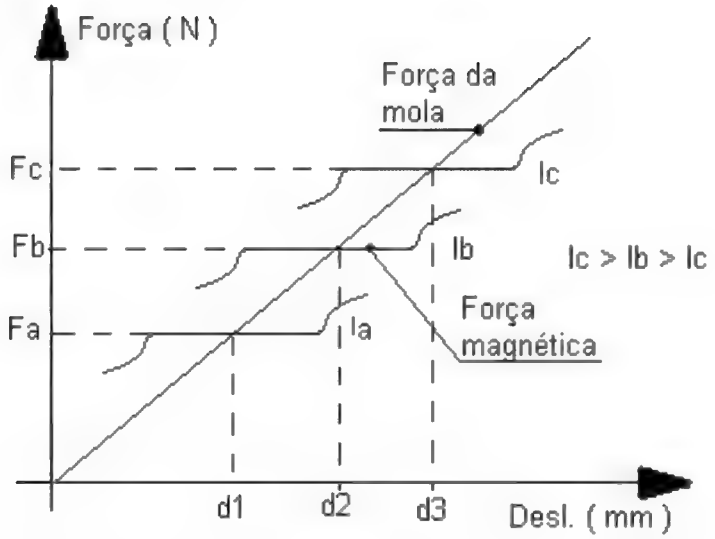


Gráfico 2 - Gráfico da relação entre força e deslocamento

Notamos que para cada valor de corrente aplicada ao solenóide, temos um valor de força magnética que se equilibra com força da mola.

A intersecção das curvas geram um ponto, que define um valor de deslocamento

Construtivamente existem os solenóides proporcionais para trabalhar com curso regulado e com força regulada.

- Solenóide de força regulada trabalha em válvulas reguladoras de pressão. Cursos de 1,5mm, sempre devemos fazer sangria ou ventagem antes de colocar em funcionamento.
- Solenóide de curso regulado, normalmente tem um captador de sinal (indutivo), utilizados em válvulas direcionais e reguladoras de fluxo.

Construção do solenóide proporcional.

O principal detalhe construtivo é a integração de um cone de controle não magnetizável no solenóide, este com função de desviar as linhas do campo magnético sobre o martelo (núcleo), concentrando o efeito magnetizante na bobina de forma a serem obtidas as curvas de forças magnéticas já vistas.

Na figura abaixo, veremos o efeito do fluxo magnético no núcleo de um solenóide convencional e um proporcional.

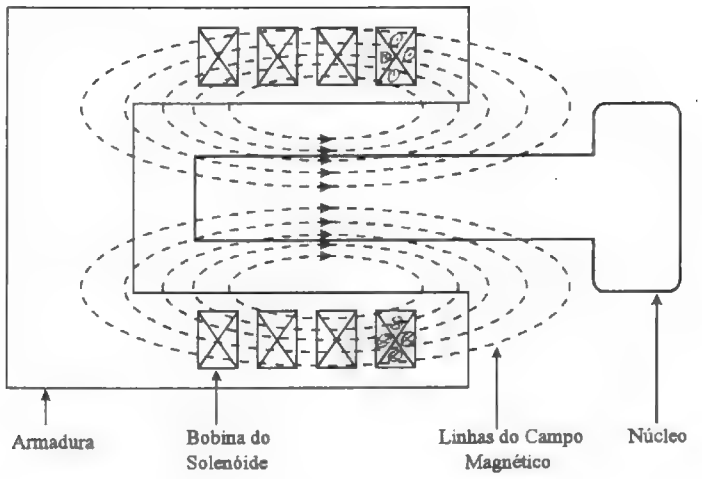


Figura 50 - Campo magnético – solenóide convencional

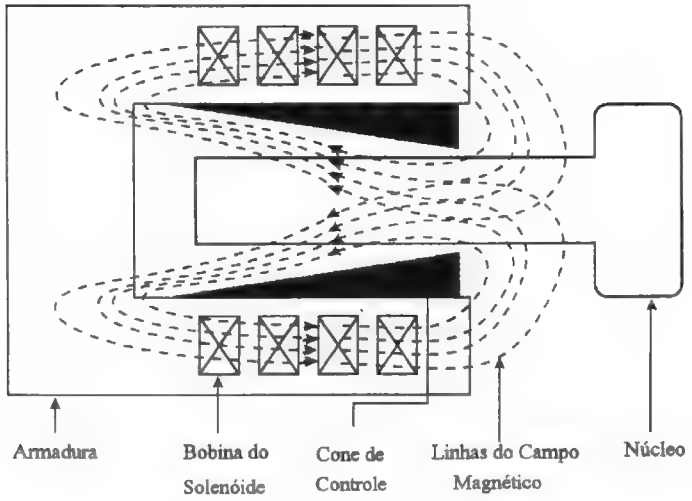


Figura 51 - Campo magnético – solenóide proporcional

Cadeia de comando na Hidráulica Proporcional (ordem)

- A tensão elétrica (valores típicos entre -10V e +10V), atua num amplificador elétrico;
- O amplificador converte a tensão (sinal de entrada) em corrente (sinal de saída);
- A corrente atua sobre o solenóide proporcional;
- A válvula controla o fluxo de energia hidráulica para o atuador;
- O atuador converte a energia hidráulica em energia cinética.

Sistema de controle

O sistema de controle pode ser realizado em malha aberta, onde a saída é proporcional ao sinal de entrada, sem as correções dos distúrbios que aparecem no processo. Este sistema de controle fica restrito à aplicações que não exigem muita precisão no processo a controlar.

Atuação das válvulas proporcionais de pressão:

- Neste tipo a mola é montada entre o obturador e o solenóide proporcional.
- Com uma corrente elétrica reduzida, a mola é suavemente pressionada e a válvula abre rapidamente com uma pressão baixa;
- Com o aumento da corrente elétrica sobre o solenóide proporcional, maior a força sobre a armadura, provocando o deslocamento do núcleo e conseqüentemente o aumento da força da mola sobre o obturador que controla a pressão.

Atuação das válvulas proporcionais de fluxo e direcionais:

- Neste tipo o elemento obturador é montado entre a mola o solenóide proporcional
- Com uma corrente elétrica reduzida, a mola é suavemente comprimida, provocará o deslocamento do obturador contra o solenóide proporciona mantendo fechada àpassagem da válvula;

Com o aumento da corrente elétrica sobre o solenóide proporcional, maior a força sobre a armadura, provocando o deslocamento do núcleo e conseqüentemente o aumento do fluxo de óleo.

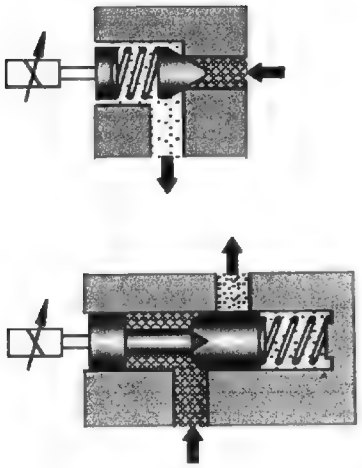


Figura 52 - Atuação de uma válvula de pressão e de fluxo

Sistema de controle de posição em válvulas Proporcionais

A eficiência das válvulas proporcionais esta ligada à evolução da tecnologia, onde foram criados sistemas internos de compensação dos defeitos provocados por forças indesejáveis, como por exemplo: força de atrito, força da mola, a histerese do material magnético, desgaste e temperatura.

O sistema que garante a eficiência é eletrônico, utilizam um sensor de posição do núcleo, que corrige as eventuais perturbações em relação ao referencial, ou seja, é controlado por um sistema de realimentação, fechado uma malha de controle em função da posição.

Circuito de correção de posição fica no corpo da válvula proporcional.

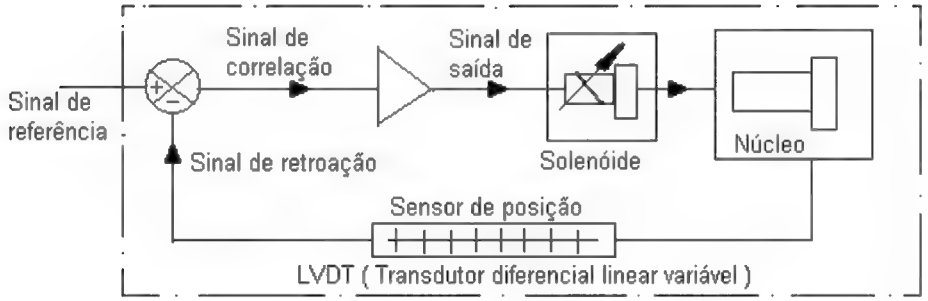


Figura 53 - Circuito de correção de posição

O sinal de entrada é gerado em placas específicas de controle dos solenóides proporcionais.

O sinal de retorno com o sinal de referencia, corrige o sinal de entrada no amplificador para que qualquer desvio no posicionamento do núcleo possa ser anulado.

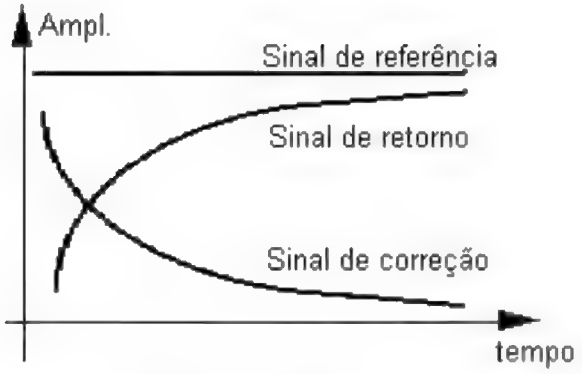


Figura 54 - Gráfico do erro

Sensor de posição LVDT

Consiste de uma bobina primária e duas bobinas secundárias, envolvendo um núcleo de aço doce. A bobina primária é alimentada por uma corrente CA (Alta Freqüência) que irá gerar um campo magnético variável no núcleo, dependendo da posição. Por ação de transformador o campo magnético induz tensão nas bobinas secundárias.

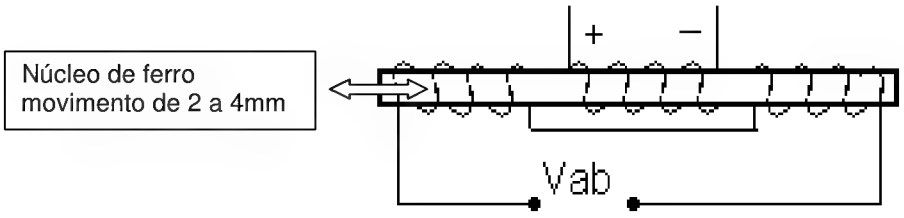


Figura 55 - Campo magnético

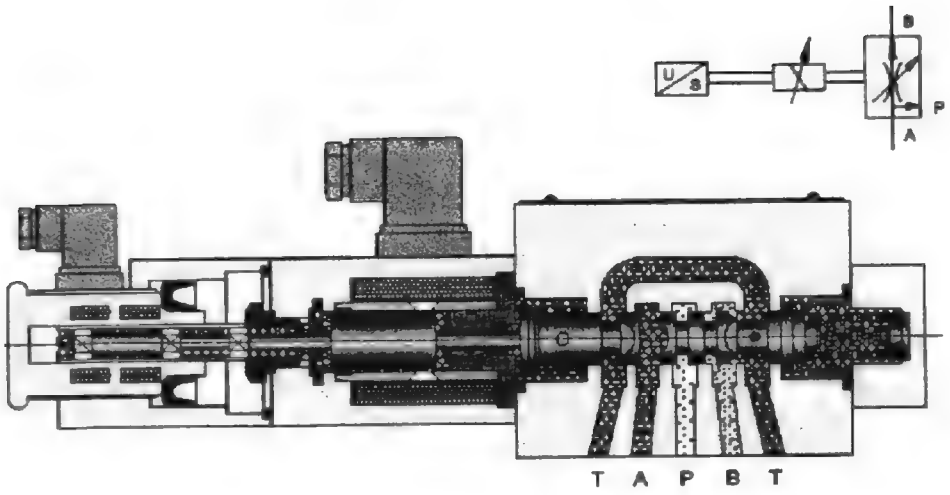


Figura 56 - Válvula reguladora de fluxo proporcional

Alguns princípios básicos sobre válvulas com controle proporcional

Nas Controladoras de Pressão se incluem as válvulas de alívio e redutoras de pressão que controla a pressão pelo principio tipo injetor, assento e disco.

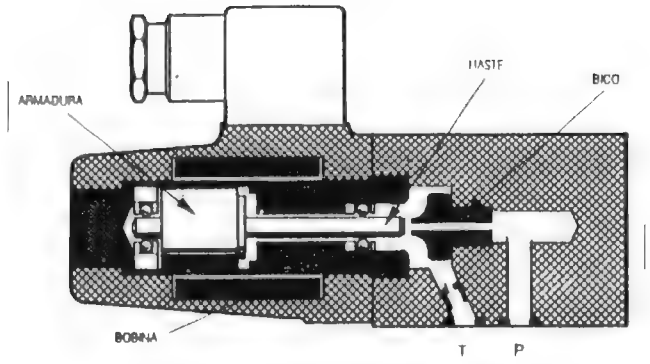


Figura 57 - Controladoras de pressão tipo injetor

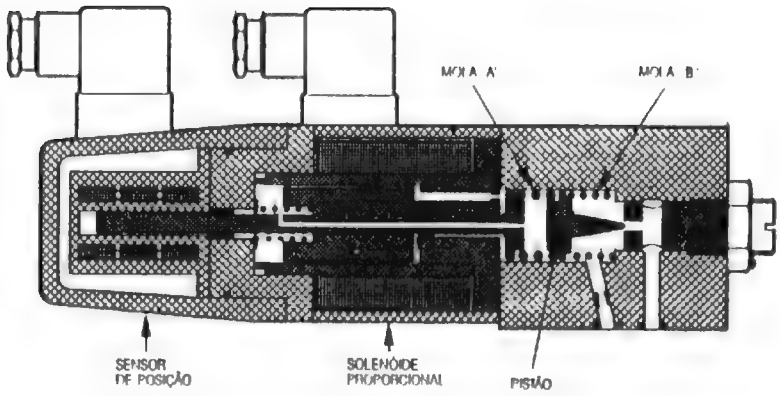


Figura 58 - Controladoras de pressão tipo assento

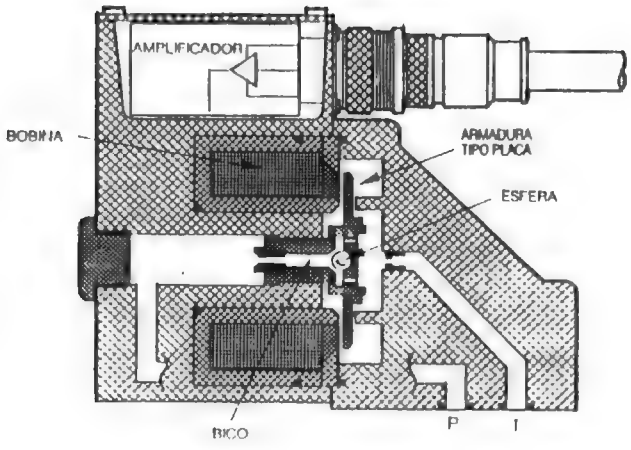


Figura 59 - Controladoras de pressão tipo disco

Nas Controladoras de Fluxo e Direcional que possuem a função de controlar a direção e o fluxo através de carretel (spool).

O carretel é incrementado de reentrâncias (Canais de controle), que são usinadas nas laterais das partes deslizantes para facilitar o controle do fluxo na válvula.

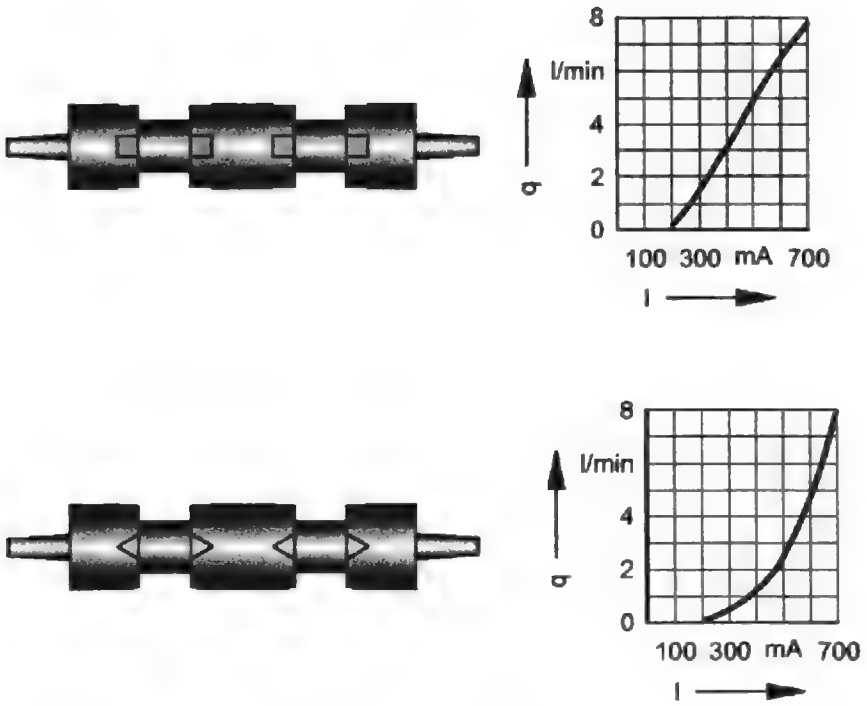


Figura 60 - Representação das reentrâncias

As válvulas proporcionais direcionais com controle de fluxo pela abertura no pórtico da válvula, em resposta a um sinal elétrico de entrada. Quando usadas de forma normal, irão ocorrer duas vias de passagem do fluxo através da válvula: tanto de P para A como de B para T ou de P para B como de A para T.

Para tanto, é previsto carretéis com características diferentes de controle para as diversas aplicações:

- Carretéis simétricos, a restrição será aproximadamente igual. Aplicado onde o fluxo de entrada no atuador é igual ao fluxo de saída, como em motores bidirecionais e cilindro de dupla haste.
- Carretéis com relação 2:1 um dos caminhos permite uma passagem duas vezes maior que o outro. Aplicação em cilindros de dupla ação diferencial.
- Carretéis não simétricos o caminho para tanque possui a restrição principal, influenciando o fluxo de A para T e de B para T.

Sobreposição do elemento de controle (Carretel)

Sobreposição positiva

Existência de uma zona morta, ou seja, mesmo que o carretel desloque em função de um nível de sinal o fluxo permanecerá em zero.

Sobreposição zero

Não existe zona morta, ou seja, qualquer sinal provocará o deslocamento do carretel o fluxo irá variar linearmente.

Sobreposição negativa

Existe uma interligação entre as conexões, pequena variação de sinal, provocará grandes variações no fluxo.

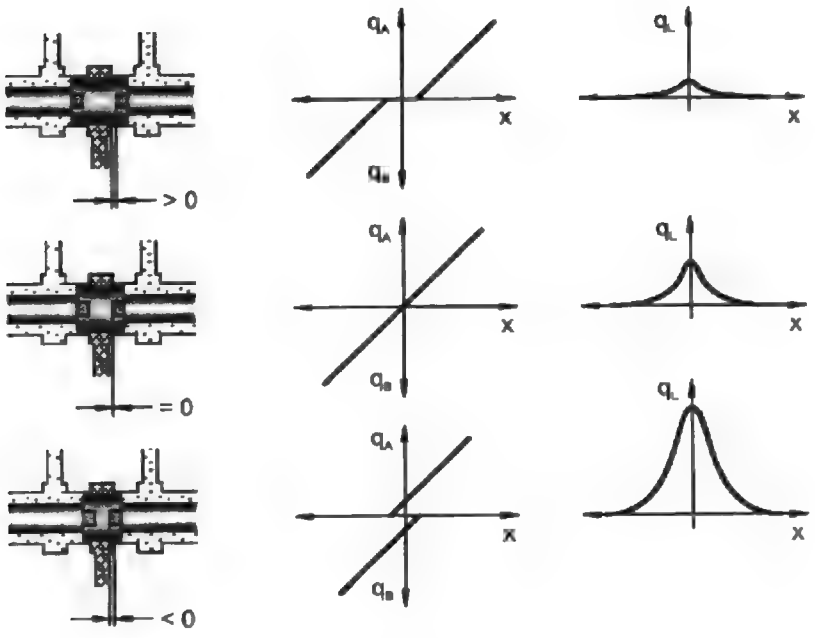


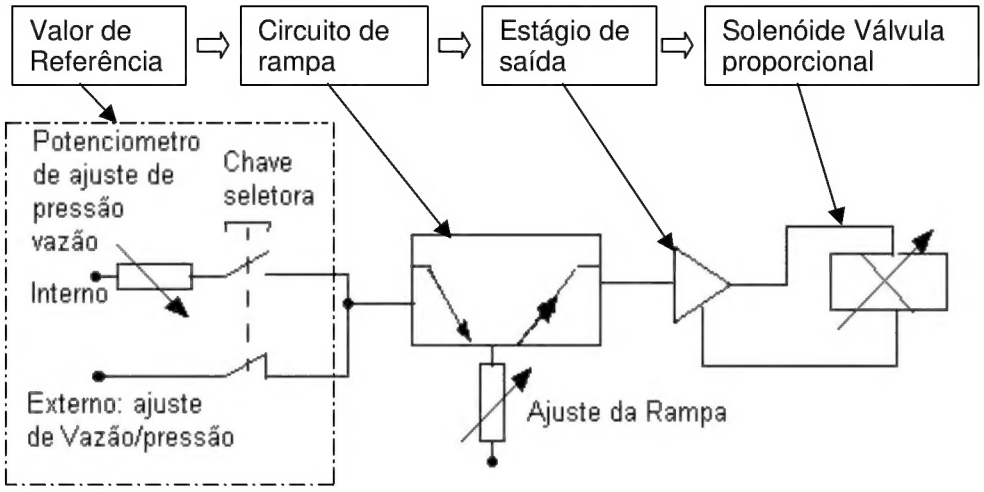
Figura 61 - Representação das sobreposições

Placas de Geração de Sinal Elétrico de Referência (Cartela)

São placas eletrônicas responsáveis pela geração do sinal externo de controle da abertura ou fechamento da válvula proporcional.

Como já sabemos a tarefa principal da hidráulica proporcional é converter um sinal elétrico contínuo em um sinal de um ou dois canais.

Placa de um canal



A função ***rampa serve*** para evitar passagem súbita do sinal para o solenóide da válvula em função das alterações no valor de referência, impedindo assim, variações bruscas no sistema hidráulico (Golpes).

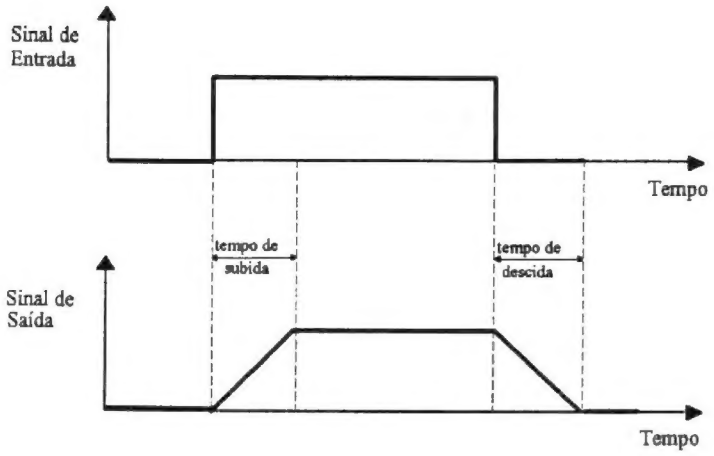


Gráfico 3 - Função rampa

Vantagens das válvulas proporcionais:

- Adaptação constante de força e velocidade;
- Controle remoto eletricamente;
- Circuitos hidráulicos reduzidos (menor número de válvulas);
- Proporcional aos projetistas muitas soluções que em sistemas convencionais seriam difíceis ou mesmo impossíveis.

Obs: A mesma função das válvulas proporcionais podem ser desempenhadas com as servoválvulas. A diferença básica é o aumento da precisão e velocidade, mas a servo tecnologia possui algumas desvantagens, principalmente o alto custo dos componentes.

Aplicação

Determinar a relação entre a pressão e a corrente de magnetização do solenóide proporcional em forma de curva característica (histerese).

O fluxo hidráulico através da válvula limitadora de pressão deverá ser de 3 lpm (constante), regulado na válvula reguladora de fluxo.

Variar a corrente de 50 em 50mA a partir do valor mínimo.

Conforme esquema abaixo.

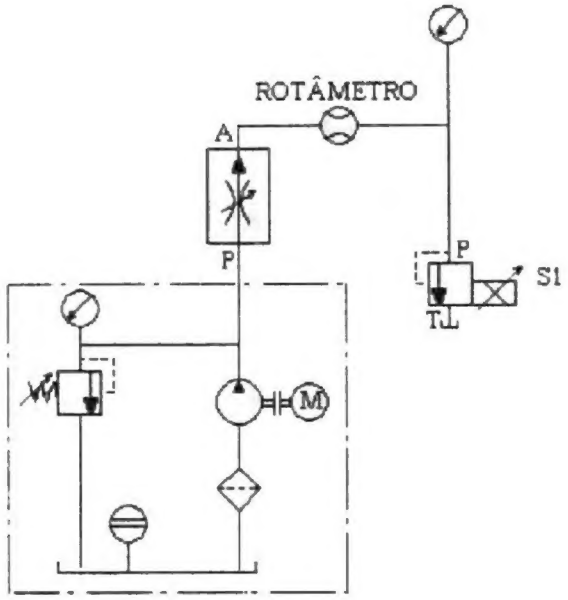
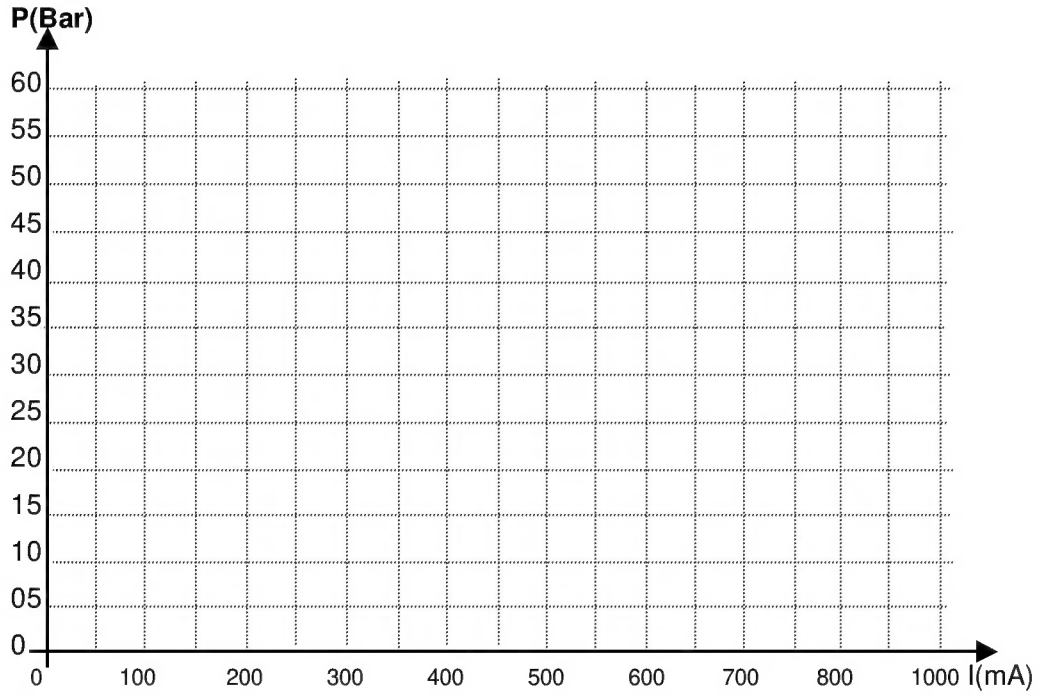


Figura 62 - Diagrama de circuito hidráulico

Tabela 5 - Tabela de dados

CORRENTE mA													
PRESSÃO	Subida												
	Descida												

Gráfico 4 - Gráfico para visualizar a histerese:



13 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FESTO DIDACTIC. **Introdução a Sistemas eletropneumáticos e eletrohiráulicos**. 2000.

DOVER. **Pneumática e Eletropneumática** – Centro Didático Dover.

NORGREN. **Software Pneusim e Hydrausim**.

FESTO DIDACTIC. **Introdução à hidráulica proporcional.** São Paulo, 1986 206 p.

PARKER ELECTRO HYDRAULICS. **Electrohydraulic motion control produtcs: catalog N. 2550-000-1/usa.** Elyria, 1994.

REXROTH HIDRAÚLICA. **Treinamento hidráulico: livro de instrução e informação sobre hidráulica.** Diadema-sp, 19??. 226 p.

SENAI/DR/SP. Diretoria de educação. Divisão de assistência as empresas e a comunidade. **Automação hidráulica: exercícios, hidráulica proporcional.** São Paulo, 19??

VICKERS DO BRASIL. **Princípios de válvulas proporcionais.** Agosto, 1992. 1 ed.

LINSINGEN, Irlan Von. **Fundamentos de sistemas hidráulicos.** Editora Ufsc. Florianópolis 2001. 399 p. : il.